www.radio.ru

5 • 2019

РАДИО

АУДИО • ВИДЕО • СВЯЗЬ • ЭЛЕКТРОНИКА • КОМПЬЮТЕРЫ

7 мая — День радио **9 Мая — День Победы**

Мощный радиопередатчик на

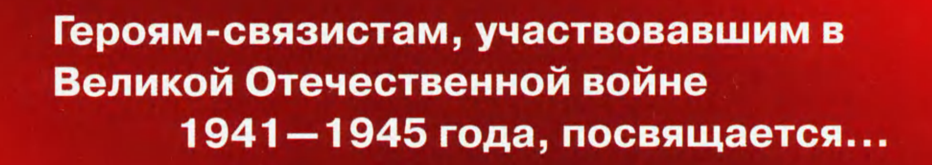




- *Среднеквадратичный ВЧ-вольтметр*
- *Ламповый УМЗЧ*
- *Микромощные сетевые блоки питания*
- *Дистанционное управление кубом*

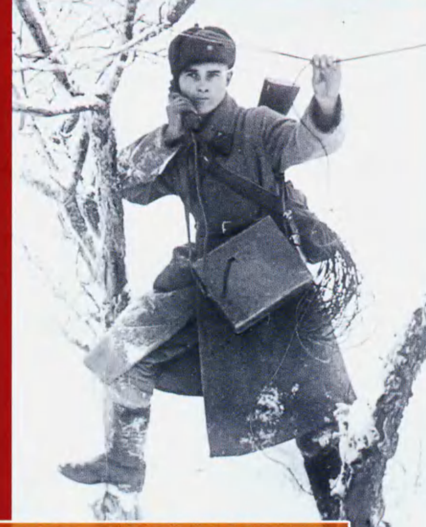
...и ещё 12 конструкций

5
2019

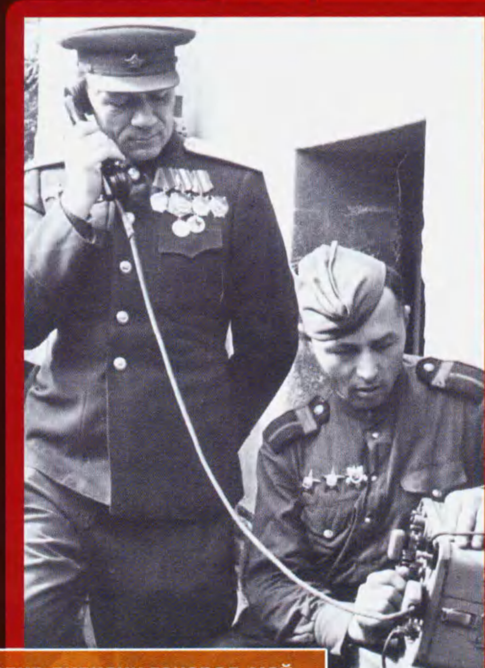




Связисты Панков и Ермаков тянут линию связи через водный рубеж.
1942 г.



Красноармеец Дубенко за три дня боёв соединил несколько обрывов линии связи.
1942 г.



Командир дивизии генерал-майор Смирнов руководит по радио уличными боями в Берлине.
1945 г.



Отважная радистка-лыжница Плакше передаёт донесение разведки.
1942 г.

В НОМЕРЕ:

На нашей обложке. Передатчик для межконтинентальных радиосвязей в диапазоне 136 кГц (см. статью на с. 48).

ЧИТАЙТЕ В СЛЕДУЮЩЕМ НОМЕРЕ:

ДАТЧИКИ ТОКА НА ТРАНСФОРМАТОРЕ ТОКА
УСТРОЙСТВО УПРАВЛЕНИЯ ПАЯЛЬНИКОМ
КОНТРОЛЛЕР ТЕЛЕГРАФНОГО РАДИОМАЯКА
3D-ИГРЫ НА СВЕТОДИОДНОМ КУБЕ

Тираж журнала «Радио» № 4 сдан для рассылки подписчикам 03.04.2019 г.

Издаётся с 1924 года



5•2019
МАССОВЫЙ
ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
ЖУРНАЛ

"Radio" is monthly publication on audio, video, computers, home electronics and telecommunication 12+

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ: ЗАО «ЖУРНАЛ «РАДИО»

Зарегистрирован Министерством печати и информации РФ 01 июля 1992 г.

Регистрационный ПИ № ФС77-50754

Адрес редакции: 107045, Москва, Селивёрстов пер., 10, стр. 1
Тел.: (495) 607-31-18. Факс: (495) 608-77-13
E-mail: **ref@radio.ru**
Группа работы с письмами — (495) 607-08-48
Отдел рекламы — (495) 607-31-18; e-mail: **advert@radio.ru**
Распространение — (495) 607-77-28; e-mail: **sale@radio.ru**
Подписка и продажа — (495) 607-77-28
Бухгалтерия — (495) 607-87-39

Наши платёжные реквизиты:
получатель — ЗАО "Журнал "Радио", ИНН 7708023424,
р/сч. 40702810438090103159
Банк получателя — ПАО Сбербанк г. Москва
корр. счёт 30101810400000000225 БИК 044525225

Подписано к печати 22.04.2019 г. Формат 60×84 1/8. Печать офсетная.
Объём 8 физ. печ. л., 4 бум. л., 10,5 уч.-изд. л.
В розницу — цена договорная.

Подписной индекс:
по каталогу «Роспечати» — 70772;
по Объединённому каталогу «Пресса России» — 89032;
по каталогу Российской прессы ПОЧТА РОССИИ — 61972.

Отпечатано в ОАО «Подольская фабрика офсетной печати»
142100, Моск. обл., г. Подольск, Революционный проспект, д. 80/42.
Зак. 01885-19

С Днём Победы!

Работа сотрудников радиоконтрразведки в годы Великой Отечественной войны

Война в радиоэфире возникла, вероятнее всего, одновременно с изобретением радио. Возможности радио в разведке и контрразведке были использованы выдающимся российским флотоводцем Степаном Осиповичем Макаровым. Русские моряки первыми в мире, помимо прослушивания эфира, применили в боевой обстановке радиопомехи. В ряде случаев им удавалось определить местонахождение эскадр противника и прочесть отдельные депеши. В апреле 1904 г. японские специалисты признали, что российскому флоту удалось дезорганизовать управление стрельбой их кораблей по Порт-Артуру и его внутреннему рейду.

При этом если обычные войны имели начало и, как правило, конец, то для радиоэфира понятия мирного времени не существовало никогда в принципе. Эта борьба была, есть и ещё долго будет продолжаться. Сотрудники радиоконтрразведки бережно хранят память о своих ветеранах — участниках Великой Отечественной войны.

О некоторых из них мы сегодня хотим рассказать.

Радиоконтрразведывательная служба органов государственной безопасности Советского Союза возникла на базе сети контрольных радиостанций Наркомата связи СССР. Решением правительства от 28 августа 1937 г. контрольные радиостанции Наркомата связи, в их числе и радиостанция г. Новосибирска, были переданы в подчинение Главному управлению государственной безопасности НКВД СССР. С этого времени новосибирская контрольная станция становится штатным подразделением УНКВД СССР по Западно-Сибирскому краю. В качестве приоритетной задачи дежурного радионаблюдения ставилось выявление шпионских радиостанций на территории Советского Союза путём фиксации и пеленгования всех неофициальных радиостанций.

22 июня 1941 года... Это был воскресный тёплый солнечный день. В 12.00 часов по московскому времени личный состав контрольной станции г. Новосибирска из выступления по радио министра иностранных дел СССР В. М. Молотова узнал о нападении гитлеровской Германии на Советский Союз. С этого времени начинается активная разработка немецких спе-

циальных радиосетей, в особенности агентурных.

В период Великой Отечественной войны 1941—1945 гг. с фашистской Германией для укрепления прифронтовых контрольных станций и отделений розыска с контрольной станции Новосибирской области был откомандирован ряд сотрудников, в том числе Кузьма Егорович Карпов и Иван Кузьмич Ремезов.

Кузьма Егорович Карпов родился 14 ноября 1915 г., уроженец с. Семиозёрка Ивановского района Амурской области, образование среднее. В 1934 г. он окончил учебный комбинат связи в г. Благовещенске по специальности радист. Трудовую деятельность начал в этом же году радистом речного пароходства Дальстроя в г. Магадане, затем — старшим радистом Индигирского речного пароходства на Чукотке, в 1941 г. — старшим радистом Управления полярных станций Главсевморпути в г. Москве. На службу в органы безопасности Кузьма Егорович пришёл добровольцем, 2 сентября 1941 г. был назначен техником первой категории оперчасти радиостанции № 71 второго спецотдела УНКВД по Новосибирской области. Военную службу закончил 5 июля 1967 г. в звании майора в должности начальника радиоконтрразведывательной станции № 71 УКГБ при СМ СССР по Новосибирской области.

Кузьма Егорович был награждён медалями "За боевые заслуги", "За победу над Германией", "За трудовое отличие" и др., нагрудным знаком "Почётный полярник".

В период с 1 февраля 1945 г. по декабрь 1945 г. был откомандирован в состав опергруппы УКР "Смерш" 1-го Белорусского фронта под командованием майора В. В. Арбенина. Группа осуществляла розыск шпионских радиостанций в районах городов Познань, Лодзь, Краков, Франкфурт-на-Одере.

Из воспоминаний ветерана службы, участника Великой Отечественной войны майора Кузьмы Егоровича Карпова:

"В конце 1941 г., в период самого тяжёлого напряжения сил нашей страны в войне с Германией, радиоконтрразведывательной станции № 71 поступило важное задание по разработке немецкой разведывательной радиосети № 296. Об этой радиосети мы имели очень смутное представление, да и радиосеть к этому времени полностью изменила данные работы. Всё нужно было разрабатывать вновь. Задание поручили выполнить М. В. Чурину, М. З. Сенченко и мне. Опыта в разработке радиосетей мы не имели, знания иностранных радиосетей, которые также изменили к этому времени свои данные, — слабые. Эфир был "забит" военными радиостанциями до предела. Всё нужно было изучать сначала. Каждый час от нас требовали результатов работы, но они отсутствовали. Только через полмесяца общими усилиями нашей группе удалось выявить и "связать" первого корреспондента с центром. В короткий срок радиосеть была полностью установлена, переговорные шифры раскрыты. За это время перебрали и прослушали тысячи различных радиостанций. Особенно важным в данной радиосети был перехват шифртелеграмм. Все радиограммы, передаваемые центром и корреспондентами, представляли большую оперативную ценность, поэтому качественный их приём имел решающее значение, и какие-либо ошибки являлись недопустимыми. Радисты радиосети имели хорошую подготовку, скорость


Кузьма Егорович Карпов.

передачи достигала 140—150 знаков. Радиосеть работала активно. В отдельные дежурства приходилось принимать по 2000—2500 групп. Приём вёлся только на слух, так как звукозаписывающей аппаратуры в службе не было. Выявление за дежурство 12—15 корреспондентов с перехватом всех радиограмм было предельной для человека нагрузкой, но товарищи с заданием справились. Только настойчивость, упорство, бдительность и чувство ответственности за порученный участок работы, внимание к любым, даже незначительным мелочам в работе сети, дали возможность разработать радиосеть в короткий срок".

* * *

"Летом 1945 г. была выявлена работа агента-радиста, дислокация которого по пеленгам определилась на территории, занятой нашими войсками. Агент провёл короткую проверочную связь с центром. В данный район немедленно были выброшены розыскные группы. В одной из групп находился и я.

В один из дней, в шесть часов утра, в эфире появляется агент-радист. Снят качественный пеленг. Через две минуты машина с розыскниками идёт на предельной скорости в район засечки. Вот уже работу агента слышим на "ближний приём". Среди леса промелькнули двухэтажные дачные здания. На одно из этих зданий показал пеленг, здание блокируется розыскниками. На чердаке обнаружена комната. На одной из стропил болтается оборванный кончик антенны. В комнате находятся мужчина средних лет и молоденькая девушка. Они имитируют семью и недовольны тем, что их потревожили. Зоркий глаз и опыт подсказали, что это конспиративная квартира. При обыске обнаружены приёмник, шифры. Приёмник ещё тёплый. Передающая аппаратура не обнаружена. Где же она? На предварительном опросе здесь же агент сознался, что в эфир не выходил, а вёл лишь приём шифртелеграмм от центра. Неужели агент так спрятал передающую аппаратуру, что мы её не можем найти? Или нами допущена какая-то неточность?

Быстро принимается решение: одновременно с тщательным обыском этой квартиры проверить и другие. В одной из них проживает семья: мужчина лет 27—30, жена, двое детей. На лице мужчины заметно волнение. Осматриваем квартиру. Перед одним окном стоит громадное дерево. На одной из веток этого дерева заметны сбитые листья. При дальнейшем обыске были найдены аппаратура агента и шифры. Улики налицо. Хозяин квартиры оказался разыскиваемым агентом-радистом. Он-то и вёл двустороннюю связь, а первый агент занимался только приёмом шифртелеграмм "блиндом". Девушка оказалась связником".

* * *

Иван Кузьмич Ремезов родился 15 сентября 1922 г., уроженец с. Хорошее Карасукского района Новосибирской области, образование среднетехническое (в 1958 г. окончил Новосибирский техникум электросвязи). Военную службу начал 26 августа 1941 г. курсантом школы радиотелеграфистов в г. Хабаровске. С 1941 г. по 1943 г. — радиотелеграфист 1-й Амурской танковой дивизии 15-й Армии, 172-й танковой бригады 35-й Армии Дальневосточного фронта, отдельной роты связи при штабе Дальневосточного фронта. В период 1943—1944 гг. он прошёл подготовку на спецкурсах 3-го отдела ГУКР НКО "Смерш" в г. Москве. Закончил военную службу 1 декабря 1968 г. в звании капитана в должности старшего оперуполномоченного группы обработки и розыска радиоконтрразведывательной службы УКГБ СССР по Новосибирской области.

Иван Кузьмич был награждён медалями "За отвагу", "За боевые заслуги", "За победу над Германией", "За победу над Японией" и др.

В период с мая 1944 г. и до конца войны с Германией выполнял боевые задачи в составе радиоконтрразведывательной группы 2-го отдела УКР НКО "Смерш" 1-го и 2-го Прибалтийских фронтов по поиску вражеской агентуры. С его помощью обезврежены несколько шпионов и диверсантов противника, переброшенных в расположения наших войск.

Из воспоминаний ветерана службы, участника Великой Отечественной войны капитана Ивана Кузьмича Ремезова:

"В октябре 1944 г. я находился в составе оперативно-розыскной группы УКР "Смерш" при 2-м Прибалтийском фронте в качестве розыскника. Группа состояла из четырёх розыскников, четырёх солдат охраны и автомашины.

Было получено задание приступить к розыску агентурной радиостанции, которая начала работать в 100—150 км от линии фронта в тылу наших войск. Примерный район засечки — г. Паневежис (Литовская ССР). Прибыв в район засечки, мы развернули пеленгатор ПКО-43 и сняли односторонний пеленг, который шёл севернее г. Паневежис. Отъехали по пеленгу километров сорок, учитывая слышимость радиостанции. Сеансы связи были постоянные, и когда заработал агент, я обнаружил его и снял пеленг. Затем настроился на ручном пеленгаторе (Р-4) и снял визуальный пеленг. Оставив одного солдата с рамочным пеленгатором и радиостанцией, с другим солдатом побежали по пеленгу на сближение с агентом. Пробежали 2 км, и радиостанция замолчала. Последний пеленг шёл через группу домов, находившихся на окраине деревни. Здесь же я встретился с розыскником из оперативно-розыскной группы Минска, который тоже шёл по пеленгу на этого агента. Отложив визуально наши пеленги, мы определили группу домов, из которых работал агент. Было решено скрытно подойти к этим домам. В одном из домов увидели подозрительного человека, которого хозяйка угощала чаем. Задержать его сразу не решились — могла быть засада. Возвратившись обратно и чувствуя, что наши действия могли вызвать подозрение у агента, руководством было решено силами группы окружить дом и взять агента. Окружив этот и соседние дома, мы провели тщательный поиск, но никого и ничего подозрительного не обнаружили.

Впоследствии выяснилось, что агенты (их было двое) в порядке перестраховки ушли из дома и залегли в канаве, наблюдая за нашими действиями. В очередной сеанс (на следующий день) агент-радист провёл связь уже с другого места, находящегося в десяти километрах от нас.

После этого случая агенты почти ежедневно меняли место работы, двигаясь по хуторам и лесам вглубь территории СССР. Объединёнными усилиями оперативной группы Минска и нашей через две недели агенты были захвачены во время очередного сеанса, который они проводили на хуторе".


Иван Кузьмич Ремезов.

По материалам музея радиоконтрразведки ФСБ России, г. Москва

"Звёздные войны" за Интернет

А. ГОЛЫШКО, канд. техн. наук, г. Москва

"Какой смысл говорить о будущем? О будущем не говорят — его делают!".

(Братья Стругацкие)

Как говорил герой Аркадия Райкина, "Есть люди, которым очень плохо, когда другим — хорошо". Поэтому количество мест на нашей планете, где можно отдохнуть от Интернета, будет и дальше сокращаться.

А если серьёзно, то когда говорят "Интернет — в каждый дом", имея в виду не страну, а всю планету, то это об очередном проекте глобального спутникового Интернета (т. е. с охватом практически всей поверхности планеты). Причём на этот раз Интернета скоростного, измеряемого уже во многих Мбит/с, а не в паре десятков кбит/с, как это умели низкоорбитальные спутниковые системы связи из 90-х: Iridium, Globalstar и др. С тех пор многое изменилось, и, к примеру, новые поколения спутников Iridium Next и Viasat "умеют" уже гораздо больше.

В частности, сеть Iridium насчитывает более 60 низкоорбитальных спутников-ретрансляторов, охватывающих связью большую часть планеты, за исключением высоких широт. Даже Iridium Next, второе поколение спутников, предоставляет скорость порядка 1,4 Мбит/с для своих привилегированных абонентов в лице Пентагона и СМИ (для остальных же скорости — в килобитах в секунду). То есть массового обслуживания клиентов не наблюдается, и неспроста многие специалисты ещё в 90-е годы подозревали, что провальный в коммерческом плане проект Iridium изначально преследовал интересы американских военных, которые позже (после коммерческого провала) получили в своё распоряжение глобальную систему связи не за счёт бюджета Пентагона.

Система Viasat использует геостационарные спутники, обеспечивающие покрытие территории США. К примеру, запущенный в 2011 г. спутник ViaSat-1 обладает общей пропускной способностью 140 Гбит/с и обслуживает до 1 млн пользователей одновременно, предоставляя каждому полосу пропускания до 25 Мбит/с. Запущенный 1 июня 2017 г. ViaSat-2 (зона обслуживания — Северная и Центральная Америка, Карибские острова и пр.) пропускает до 1 Тбит/с и обеспечивает каждому из абонентов канал связи в 100 Мбит/с.

Оба приведённых примера показывают, что спутниковый доступ в Интернет в какой-то степени востребован.

Конечно же, спутниковый широкополосный доступ с геостационарных спутников на расстояниях 35...40 тыс. км имеет неустранимые проблемы как с большими задержками в передаче сигнала (иногда до нескольких секунд), так и с массогабаритными характеристиками абонентской антенны. В свою очередь, для работы с современными интернет-приложениями (особенно с видео) комфортными являлись бы задержки, измеряемые в миллисекундах (вплоть до 1 мс, как положено в сетях 5G). То есть спутник желательно располагать поближе к земной поверхности (на низкой орбите), и поскольку он не будет "стоять на месте" (ибо не будет находиться в точке Лагранжа), это подразумевает наличие значительной группировки спутников, регулярно сменяющих друг друга в зоне видимости над конкретным объектом (и над всеми объектами на планете тоже).

Существующие геостационарные телекоммуникационные спутники предоставляют услуги связи в диапазонах Ku (12...18 ГГц) и Ka (26,5...40 ГГц). Обычно получаемая с их помощью скорость передачи информации ограничена примерно 12 Мбит/с (в отдельных случаях она может достигать 100 Мбит/с). Размер необходимой для приёма такого сигнала антенны нетрудно оценить, просто взглянув на используемые сегодня спутниковые телевизионные антенны. Следует также учитывать, что, в отличие от антенн одностороннего спутникового ТВ-вещания, антенны для двухстороннего спутникового Интернета должны точно направить сигнал в антенну спутника, что подразумевает более сложную настройку.

Очевидно, что вариант с мобильной спутниковой связью с большими скоростями передачи информации здесь маловероятен из-за большой разницы в энергетике радиотракта между приёмом на ненаправленную (как это имеет место в мобильном терминале) и направленную/неподвижную (как в фиксированной связи) антенны. К тому же в этих условиях необходим режим прямой видимости, что исключает нахождение абонента в зданиях и пр.

Также очевидно, что глобальный спутниковый Интернет должен быть интересен, прежде всего, там, где нет охвата современными проводными или беспроводными средствами связи. Ведь огромные достижения операторов мобильной связи в данной области за последние 20 лет трудно оспаривать, и незачем с ними конкурировать. В остальных случаях для обеспечения большого спроса спутниковый Интернет должен быть или необычайно удобным, или сравнительно дешёвым. К примеру, доступ в Интернет через геостационарные спутники в разы дороже своих наземных конкурентов и потому пользуется хоть каким-то успехом лишь при отсутствии оных. И потом вряд ли в каждом доме будут использовать (и оплачивать) сразу несколько способов доступа в Интернет от разных поставщиков.

Впрочем, пока потенциальные поставщики глобального спутникового Интернета, похоже, не слишком озабочены потенциальной абонентской базой и просто-таки уверены, что она обязательно будет. Ведь среди потребителей скоро появится армия неодушевлённых пользователей IoT (Интернета вещей). Есть, однако, ещё один важный фактор, который нельзя не учитывать, рассматривая проекты глобального спутникового Интернета — возможность обеспечения прямого доступа граждан одной страны к гражданам другой, минуя контроль со стороны органов надзора, спецслужб и пр., а это уже относится к логичным вопросам обеспечения национальной безопасности. К примеру, ранее для получения разрешений на работу зарубежных спутниковых систем связи (Iridium, Globalstar, Inmarsat и др.) их операторы должны были организовать на территории РФ соответствующие шлюзы для "приземления" спутникового трафика, где последний мог бы контролироваться уполномоченными органами. И только в этом случае операторы получали разрешение на использование на территории страны соответствующих радиочастот.

Расположение спутников на низких орбитах позволит уменьшить задержки передачи данных до 25...35 мс, что сопоставимо с показателем проводных сетей связи. Для сравнения, в сотовых сетях 4G/LTE задержка составляет в среднем около 8 мс, но может существенно изменяться в зависимости от нагрузки на сеть, числа проходимых сетевых узлов и удалённости от базовой станции. Спутники будут работать по принципу ячеистой сети (mesh) и смогут перенаправлять сигнал друг на друга в зависимости от текущей нагрузки.

Разумеется, антенны будут расположены на открытом пространстве. Благодаря использованию специальным образом настроенных антенн исчезнет необходимость в нацеливании на конкретный спутник, и модем на Земле будет автоматически переключаться с одного пролетающего над ним космического аппарата на другой. Антенны спутниковой связи можно будет разметить и на движущихся объектах: поездах, самолётах и автомобилях.

При доступе к web-странице запрос отправляется с компьютера в модем, тот передаёт его с помощью антенны в космос. Спутник выступает в роли посредника, ретранслируя сигнал обратно на Землю в телекоммуникационный центр интернет-провайдера, где запрашивается конкретный web-сайт. Ответ вновь отправляется на спутник, затем на домашнюю антенну и через модем загружается на компьютер. Принципиально процедура не отличается от того, что происходит с сигналом, проходящим через наземную сеть мобильной связи, но путь, который проходит информация, оказывается если не короче, то без промежуточных преобразований. Ведь чтобы пакет данных добрался с одного континента на другой по оптоволоконной сети, ему нужно не только преодолеть Атлантику, но и посетить множество промежуточных узлов. Так, например, между Сиэтлом и побережьем Южной Африки электронное письмо преодолевает порядка 200 маршрутизаторов. В случае же спутникового Интернета маршрутизатор всего один, и расположен он в космосе, где сигнал распространяется быстрее, чем по проводам.

Представив теперь, что практически вся поверхность планеты охвачена развёрнутой над ней сетью спутников-маршрутизаторов (особенно, если спутники могут непосредственно обмениваться трафиком друг с другом прямо в космическом пространстве), нетрудно видеть, как эта сеть выходит из-под контроля со стороны национальных администраций связи и пр. И это, мягко говоря, кому-то может быть особенно интересно. Как говорил Станислав Ежи Лец, "трудно подозревать, когда почти уверен".

Итак, в 2016 г. частная аэрокосмическая компания SpaceX запросила в Федеральной комиссии по связи США (FCC) разрешение на развёртывание сети спутниковой связи Starlink для предоставления услуг высокоскоростного доступа в Интернет в глобальном масштабе в диапазонах Ku и Ka. В документах FCC указано, что наземные станции проекта располагаются на объектах SpaceX в Редмонде и Брюстере, (штат Вашингтон), в штаб-квартире компании в Хоторне (Калифорния), в испытательном центре SpaceX в МакГрегоре и в Барунсвилле (Техас), а также в штаб-квартире Tesla Motor во Фремонте (Калифорния). Ещё три наземные станции будут работать в передвижных фургонах. Компания также ведёт переговоры с партнёрами о работе наземных станций в Новой Зеландии и Норвегии.

Теоретически пользователь в любом уголке Земли сможет подключиться к спутниковой сети SpaceX и выйти в свободную Сеть независимо от попыток цензуры со стороны правительства своей страны (что подтверждает сказанное выше). Илон Маск говорил, что стоимость терминала составит от 100 до 300 долл. США в зависимости от типа терминала.

SpaceX работает над проектом Starlink с конца 2014 г. Компания SpaceX с помощью ракеты собственного производства уже вывел два тестовых спутника будущей телекоммуникационной сети Starlink на орбиту. Но этого, конечно, недостаточно. Его план подразумевает запуск двух спутниковых группировок. Первая группа займёт орбиту на высоте около 1100 км над Землёй, вторая — немного выше, на высоте около 1325 км. Первая группировка будет состоять из 4425 малых спутников, вторая — из 7518. Подобные цифры могут показаться фантастическими, однако речь идёт о так называемых CubeSat. Если, например, спутник ViaSat-2 при запуске весил больше 6 т, то малый спутник, образующий Starlink согласно спецификациям, имеет массу не более 1,33 кг. CubeSat предполагается выводить на орбиту сразу несколькими сотнями, зачастую вместе с другой полезной нагрузкой. На начальном этапе в 2020 г. пользователи должны получить

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

интернет-доступ со скоростью до 500 Мбит/с, а на втором этапе будут запущены спутники второго поколения, которые, как обещалось ранее, к 2021 г. смогут обеспечить скорость 2,5 Гбит/с. Согласно озвученному в СМИ плану, вначале такой доступ в Интернет появится в США, Канаде и Западной Европе. В другие страны они смогут передавать сигнал только с разрешения властей. Если государство не выдаст доступ, SpaceX придётся либо выключать трансляцию спутников на территории, либо компании могут запретить поставлять нужное оборудование в эти страны.

SpaceX утверждает, что низкоорбитальные спутники будут поддерживать стабильное скоростное соединение в регионах с большой плотностью населения, а спутники, расположенные повыше, смогут распределять сигнал по остальным площадям. Таким образом, компания планирует передавать сигнал с минимальными задержками 25...35 мс (сегодня типовое значение для спутниковой связи — 600 мс), а также поддерживать стабильную скорость соединения до 1 Гбит/с. Спутники Starlink будут работать по принципу ячеистой сети и смогут разделять между собой участки поверхности, чтобы повысить пропускную способность даже с учётом разной высоты. Теоретически они даже смогут направлять диаграммы направленности своих антенн на участки с большим количеством одновременно задействованных абонентских устройств, оптимизируя сеть, как это предусмотрено в сетях мобильной связи 4G/5G. Полностью покрыть планету планируется до 2024 г.

Кстати, если SpaceX удастся выйти на 40 успешных пусков в год и компания будет заниматься только сетью Starlink (что невозможно в принципе), мы увидим на орбите рабочую группировку не ранее чем через четыре года. Таким образом, полноценной работы системы стоит ожидать к 2025 г. SpaceX может попробовать решить проблему количества аппаратов поднятием их орбиты, чтобы каждый спутник покрывал большую площадь на Земле. Но это потребует пересчёта технических характеристик и значительных конструктивных изменений в космических аппаратах.

Не так давно в The Wall Street Journal было написано, что к 2025 г. Илон Маск планирует иметь до 40 млн абонентов, которые будут генерировать до 30 млрд долл. выручки. Деньги, полученные от проекта Starlink, как заявлялось, будут направлены на развитие SpaceX и программу по колонизации Марса. Не исключено также, что всё это просто пиар с целью поправить дела на фондовом рынке.

В феврале 2018 г. ракетой Falkon-9 на орбиту были выведены два тестовых спутника Tintin-A и Tintin-B. SpaceX оценивала затраты на реализацию проекта Starlink в 10 млрд долл. Благодаря тому что у компании есть собственная ракета-носитель, стоимость доставки спутников должна быть относительно невысокой.

Кроме SpaceX, похожие заявки на вывод собственных аппаратов связи подали также OneWeb, Telesat, O3b Networks и Theia Holdings. По сообщениям СМИ, Facebook также работает над секретным проектом интернет-спутника, который обеспечит скорость доступа в 10 раз быстрее, чем SpaceX, и будет работать в диапазоне 71...76/81...86 ГГц (диапазон E, который в большинстве стран имеет упрощённый порядок лицензирования). В случае реализации проект позволит обеспечить скорость до 30 Гбит/с и потребует запуска нескольких сотен спутников. Кроме упомянутых выше компаний, есть ещё проекты Boeing на 2956 спутников и Samsung на 4600 спутников. Ориентировочный срок реализации всех этих проектов — ближайшие 5—8 лет. Таким образом, общее количество запланированных к выведению спутников приближается к 19 тысячам! Для сравнения, в настоящее время на орбите Земли работают всего около 1400 спутников, в том числе 800 низкоорбитальных.

Пока основным конкурентом SpaceX является OneWeb (ранее известная как WorldVu). Этот британский консорциум, который поддерживают предприниматель Ричард Брэнсон, а также компания Qualcomm, планирует разместить 2700 спутников на низкой и средней околоземной орбитах. Как заявлял генеральный директор OneWeb Грег Вайлер, развёртывание сети будет осуществляться в три этапа. На первом общая пропускная способность сети составит 7 Тбит/с, на втором — 120 Тбит/с, на третьем — 1000 Тбит/с. Единственная проблема OneWeb сейчас — способ запуска спутников и стоимость процедуры. Проект уже привлёк более 1,7 млрд долл. США от Airbus Group, Bharti, Coca-Cola, Hughes, Virgin Group Ричарда Брэнсона, Qualcomm, а также SoftBank. Планируется использовать ракеты сразу трёх видов: ракеты-носители "Союз", LauncherOne от компании Ричарда Брэнсона Virgin Orbit и New Glenn от Blue Origin. В 2017 г. отечественная компания "Гонец" и OneWeb создали совместное предприятие для работы в России — ООО "Уанвеб". Британцы получили в нём долю в 60 %, "Гонец" — 40 %.

В феврале 2018 г. были запущены два тестовых спутника OneWeb. Следующий запуск, запланированный на конец 2018 г., пока перенесён на первый квартал 2019 г. Полностью систему планируется развернуть к 2027 г. Коммерческие услуги компания намеревалась начать предоставлять в 2019 г. после запуска примерно 300 аппаратов, однако к подобного рода сообщениям и датам следует относиться осторожно. Как показывает практика, сроки "плывут" у всех участников космической гонки.

Поскольку и частотный спектр, и пространство на орбите Земли ограничены, начавшаяся космическая гонка по построению низкоорбитального спутникового Интернета, очевидно, будет только ускоряться. Также понятно, что вне зависимости от исхода такая конкуренция "встряхнёт" индустрию и подстегнёт её развитие.

Однажды в СМИ появилась информация о том, что Илон Маск готовит для человечества подарок в виде бесплатного глобального спутникового Интернета, однако это не соответствует действительности. На самом деле он не озвучивал таких планов (да и вообще трудно представить американцев с бесплатными инициативами).

Конечно, стоимость космических запусков по сравнению со стоимостью прокладки оптоволоконного кабеля высока и будет оставаться таковой несмотря на все успехи по созданию многоразовых ступеней космических ракет. В целом бизнес-модели Starlink или OneWeb поначалу будут мало отличаться от стратегии Iridium и Viasat, предоставляющих услуги различным компаниям в отдалённых от коммуникаций уголках планеты.

В то же время наиболее вероятно, что типичный абонент, впервые столкнувшись со спутниковым Интернетом нового поколения, не заметит ничего необычного. Скорость, вероятно, возрастёт незначительно, учитывая, что сегодня некоторые провайдеры могут обеспечить доступ в Интернет на скоростях до 200 Мбит/с. Человек просто подключится к точке доступа Wi-Fi в самолёте или поезде, не подозревая, что доступ к новостям, социальным сетям, симпатичным котикам и пр. обеспечивают космические технологии нового поколения. Кстати, этот типичный абонент может оказаться и пользователем отечественного спутникового Интернета.

Услышав бодрые заявления о подобном штурме высот космического Интернета и оценив риски, наши люди не остались в стороне и в середине 2018 г. оперативно предложили переработанный вариант перспективной спутниковой системы "Эфир" под брендом "Сфера", которая будет обеспечивать подвижную связь и оптическое наблюдение в масштабе реального времени в любой точке Земли.

22 мая "дочка" госкорпорации "Роскосмос" — "Российские космические системы" (РКС) — представила проект этой новой системы. Планировалось, что "Эфир" будет состоять из 288 спутников на орбите высотой 870 км и обеспечит покрытие всей поверхности планеты. Так будет создана глобальная многофункциональная инфокоммуникационная спутниковая система (ГМИСС). Впервые о планах создать ГМИСС стало известно осенью 2017 г. Проект вошёл в план мероприятий направления "Цифровая инфраструктура" в госпрограмме "Цифровая экономика". Пользователям будут доступны услуги телефонной связи и доступа в Интернет, а также услуги для IoT, мониторинга движения транспорта и беспилотных аппаратов. Сообщалось также, что в проекте заинтересованы добывающие и энергетические компании, ЖКХ, сельское хозяйство, транспорт, электронная коммерция, медицина, образование и индустрия развлечений. Согласно озвученным позже данным, число спутников в группировке было увеличено в более чем два раза — до 640 малых низкоорбитальных спут-

ников для связи и дистанционного зондирования Земли. Основой системы будет новое поколение спутников "Гонец-М1", а её оператором — одноимённая компания.

Развернуть "Эфир", превращённый уже в июне 2018 г. в "Сферу", должны к 2025 г. Её проект представил широкой общественности президент России во время прямой линии. Глава государства отметил, что запуск более 600 спутников в ближайшие несколько лет позволит улучшить качество связи так, что оно сможет заменить кабельную связь, но будет доступнее и дешевле, что может привести к абсолютной революции в данной сфере.

Для реализации проекта РКС намерена сформировать консорциум с участием ракетно-космической корпорации "Энергия" и представителей телеком-индустрии. При этом РКС будет стараться создать систему на основе российских решений и компонентов. Помимо бюджетных денег, РКС планирует привлечь к проекту деньги частных инвесторов и фондов.

Эксперты из космической отрасли считают, что проекту "Сфера" будет нелегко привлечь деньги частных инвесторов. Во-первых, космическая отрасль — это не самый инвестиционно-привлекательный рынок. А, во-вторых, набор санкций может существенно ограничить как количество инвесторов, так и работу системы вне отечественного рынка.

Спутники планируется запускать кластерами на тяжёлой ракете "Ангара-5". Для ракеты-носителя уже построен стартовый комплекс на космодроме Плесецк, успешно прошёл первый запуск. Всё это должно было быть сделано до 2024 г., однако сроки уже перенесли на 2028 г.

"Гонец-М1" — космические аппараты нового поколения, предназначенные для обеспечения помехозащищённой спутниковой связи с возможностью выхода в сети общего пользования и в Интернет в режиме, максимально близком к реальному времени. Специалисты отмечают, что себестоимость только самих спутников системы "Сфера" может легко уйти за 5 млрд долл., а вместе с разработкой, запусками и обслуживанием цена такой спутниковой группировки становится воистину космической. Зато сообщалось, что с её помощью можно, например, пересчитать все деревья в тайге, но, очевидно, это не самый удачный пример.

Разумеется, у проектов глобального космического Интернета есть и проблемы. В частности, в 2016 г. один из энтузиастов подсчитал, что для поддержания работы сети Starlink придётся запускать около 700 новых спутников в год, учитывая срок службы уже запущенных станций (5—7 лет согласно документации). И это при том, что расчёт проводился исходя из запуска 4425 спутников, а не почти 12 000, как теперь планирует SpaceX. Это означает, что ракета-носитель Falcon 9 должна будет совершать по два полёта в неделю просто для того, чтобы Starlink продолжала работать, а SpaceX должна ещё и производить в среднем по два спутника в день. Такая интенсивность теоретически понятна, но практически в десятки раз превосходит текущие реальные показатели и технические возможности.

А ещё отработавшие своё спутники будут падать. Подсчитано, что через шесть лет после запуска в среднем на Землю будут падать пять спутников в день, и у них будут несгораемые обломки, которые могут и убивать. Вероятность такого события — 45 % на каждые шесть лет. Однако, если учитывать, что на Земле 7,5 млрд человек и не все они находятся вне укрытий, вероятность поражения обломком спутника крайне невысока.

Встречающиеся публикации в СМИ о том, что, мол, уже OneWeb собирается предоставлять бесплатный Интернет по всей планете, также требуют уточнения. Во-первых, в современном мире космических технологий 1,7 млрд долл. — не такие уж и большие деньги для реализации озвученного проекта, а, во-вторых, наиболее продвинутая аудитория потребителей знает, где может скрываться компенсация за "бесплатный сыр". Например, в приставках для приёма космического Интернета.

Трудно отрицать, что у подобных систем космического Интернета будут очевидные технические трудности с надёжным покрытием и с обещанными скоростями передачи данных. Может быть, они пригодятся в качестве давно обещанного космического сегмента сетей 5G. Хочется надеяться, что, в первую очередь, отечественные инженеры проработали эти вопросы, и даже та же мобильная связь сможет заработать в контакте с космическим Интернетом благодаря уже известным разработкам с переносом абонентской ёмкости сотовой сети и рабочей частоты. Поживём — увидим.

Кстати, о мобильной связи. Похоже, у всех упомянутых выше проектов есть один ещё более серьёзный вызов — востребованность. Вряд ли космический Интернет составит какую-либо конкуренцию наземным системам 4G/5G или фиксированному широкополосному Wi-Fi в густонаселённых районах. Стоит ли "поливать миллиардами долларов" (да еще из трёх и более источников сразу) остальную поверхность планеты, если, к примеру, людей там проживает немного, а зачастую у них просто нет денег, там идет война или там просто живут люди, уставшие от инфокоммуникационного и всякого прочего "давления" XXI века? К тому же те, кому такая связь действительно нужна, а это — экстренные службы, военные, учёные и путешественники, свои технические проблемы в этой части уже во многом решили. Или же собираются "окончательно" решить за счёт систем "космического Интернета", как это сделал 20 лет назад Пентагон с весьма недешёвой системой Iridium.

Что касается бизнес-модели "Сферы", то, в отличие от зарубежных конкурентов, о ней мало что известно. Пока не известны ни конфигурация системы, ни набор сервисов. Видимый на сегодня подход — объединить максимальное количество сервисов в одну систему, чтобы увеличить доходную базу, понятен. Но не ёлки же будут считать из космоса. Ведь цена проекта, говорят, занимает от трети до половины всей Федеральной космической программы РФ.

Как отмечалось выше, реализация проектов SpaceX, OneWeb и т. п. может создать трудности российским интернет-провайдерам, поскольку спецслужбы не смогут получать весь трафик российских абонентов, как того требует "пакет Яровой", а Роскомнадзор — блокировать сайты, где есть запрещённая в РФ информация. Не будет технической возможности вводить ограничения на региональный контент. Не получится не только блокировать сайты, но и подключить СОРМ (система технических средств для обеспечения функций оперативно-разыскных мероприятий). Операторам мобильной связи также не нужен космический конкурент, поскольку им ещё нужно вернуть инвестиции в инфраструктуру 4G/5G.

Как бы к случаю, Минобороны России не так давно сообщило об испытаниях новейшей системы радиоэлектронной борьбы (РЭБ), способной на значительной территории нейтрализовать работу низкоорбитальных систем спутниковой связи.

Госкомиссия по радиочастотам (ГКРЧ) пока отказалась выделять радиочастоты в РФ для создаваемой международной сети спутникового Интернета, так как они "могут потребоваться для российской группировки арктических спутников". Против выделения частот OneWeb в России выступила Федеральная служба безопасности (ФСБ), посчитав, что проект может представлять угрозу национальной безопасности страны.

В свою очередь, глава "Роскосмоса" Дмитрий Рогозин в недавнем интервью РБК заявил, что если Россия откажется легализовать спутниковую группировку OneWeb на своей территории, проект всё равно будет реализован, но у страны не будет возможности на него влиять и технически контролировать. Просто станции наземной инфраструктуры будут, может быть, не на нашей территории, а на территории других стран и полностью будут обеспечивать интернет-трафик. Позицию ФСБ по проекту OneWeb он назвал "излишним скептицизмом". Ведь если OneWeb не получит частоты, абонент теоретически может подключаться к станции, расположенной в соседней стране. Впрочем, в России могут запретить свободный ввоз устройств для приёма сигнала спутниковой связи всем, у кого нет лицензии оператора спутниковой связи. Соответствующие поправки уже разработаны в Минкомсвязи. Однако хорошо известно, стоит лишь запретить что-то, как к нему появляется повышенный интерес.

Вот такие "звёздные войны" разворачиваются вокруг того, что обычный потребитель может и не заметить.

По материалам ***nplus1.ru, habrahabr.ru, smart-lab.ru, thealphacentauri.net, tjournal.ru/tech/, newsru.com, blog.onlime.ru, rbc.ru, connect-wit.ru***

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

"Экспромт" — ламповый усилитель мощности ЗЧ

С. АХМАТОВ, Д. САННИКОВ, г. Ульяновск

Схемы ламповых усилителей мощности в представленных авторами статьях (см. перечень литературы) отличаются оригинальностью, продуманностью и хорошими параметрами. Вот и в этой статье предложен несложный 50-ваттный УМЗЧ, в котором можно применить готовые выходной и унифицированный сетевой трансформаторы.

Многие музыканты для своих репетиций предпочитают использовать в качестве усилителя для АС ламповый УМЗЧ. Такой усилитель, например для электрогитары, мощностью 50 Вт можно собрать, применив в его выходном каскаде готовый трансформатор от старого трансляционного усилителя ТУ-100 без его доработки. Применение триодов 6С41С вместо параллельно включённых лучевых тетродов в лампе 6Р3С позволяет улучшить качество звучания, расширить полосу усиливаемых частот и использовать с ним низкоомную нагрузку в виде АС с номинальным сопротивлением 8 Ом. При необходимости усилитель может быть выполнен в стереофоническом варианте.

Технические характеристики

Номинальная выходная мощность, Вт 50
Полоса усиливаемых частот, Гц, по уровню −3 дБ . . . . .20...20000
Сопротивление нагрузки, Ом 8
Коэффициент нелинейных искажений, % (f = 1 кГц, $P_{ном}$ = 50 Вт) .1
Чувствительность, В 0,8

Двухтактный усилитель без общей обратной связи (его схема показана на **рис. 1**) соединил в себе ранее разработанные нами схемотехнические решения [1—3] с небольшими изменениями, применительно к данному варианту. Блок питания позволяет получить два анодных напряжения от одной обмотки сетевого трансформатора и имеет, соответственно, два сглаживающих фильтра.

Дифференциальный каскад на лампах VL1, VL2 усиливает входной сигнал и выполняет функцию фазоинвертора. Максимальный размах между их анодами составляет 240 В. Пентоды 6Ж9П выбраны с учётом большой крутизны характеристики (17,5 мА/В).

Сетки выходных ламп соединены перекрёстно с анодами через резисторы, с которых на них приходит синфазный сигнал, что дополнительно увеличивает размах напряжения между анодами триодов до 330 В.

Сопротивление резистора R6 определяет напряжение смещения для сеток выходных ламп — 165 В, минусовой полярности по отношению к катодам триодов (см. [3]). Подстроечным резистором R7, зашунтированным конденсатором C2 для прохождения переменной составляющей полезного сигнала, балансируют плечи каскада по постоянному току. Такое решение позволило отказаться от переходного конденсатора между экранными сетками, как это было сделано ранее в УМЗЧ "Экрон" [2].

Таким образом, общего усиления вполне достаточно для указанной выходной мощности (напряжение до 20...22 В для нагрузки сопротивлением 8 Ом). При анодном токе 2 мА каждого пентода входного каскада максимальный ток каждого триода усилителя достигает 180 мА (соответствует номинальной мощности P = 50 Вт) и зависит от сопротивления резистора R10.

Так, при сопротивлении R10 = 10 кОм ток покоя каждого триода I_{A0} = 70 мА, I_{Amax} = 140 мА. Если сопротивление R10 = 15 кОм, то ток покоя I_{A0} = 80 мА и I_{Amax} = 160 мА. Если же сопротивление R10 = 20 кОм, то I_{A0} = 90 мА, I_{Amax} = 180 мА. При этом несколько изменяются значения напряжения питания и коэффициента гармоник.

Кнопка SB1 ("Контроль") подключает встроенный вольтметр (с нулём в середине шкалы) к сеточной цепи выходного каскада на время регулировки усилителя. Её же можно использовать для ослабления уровня звука: при замыка-

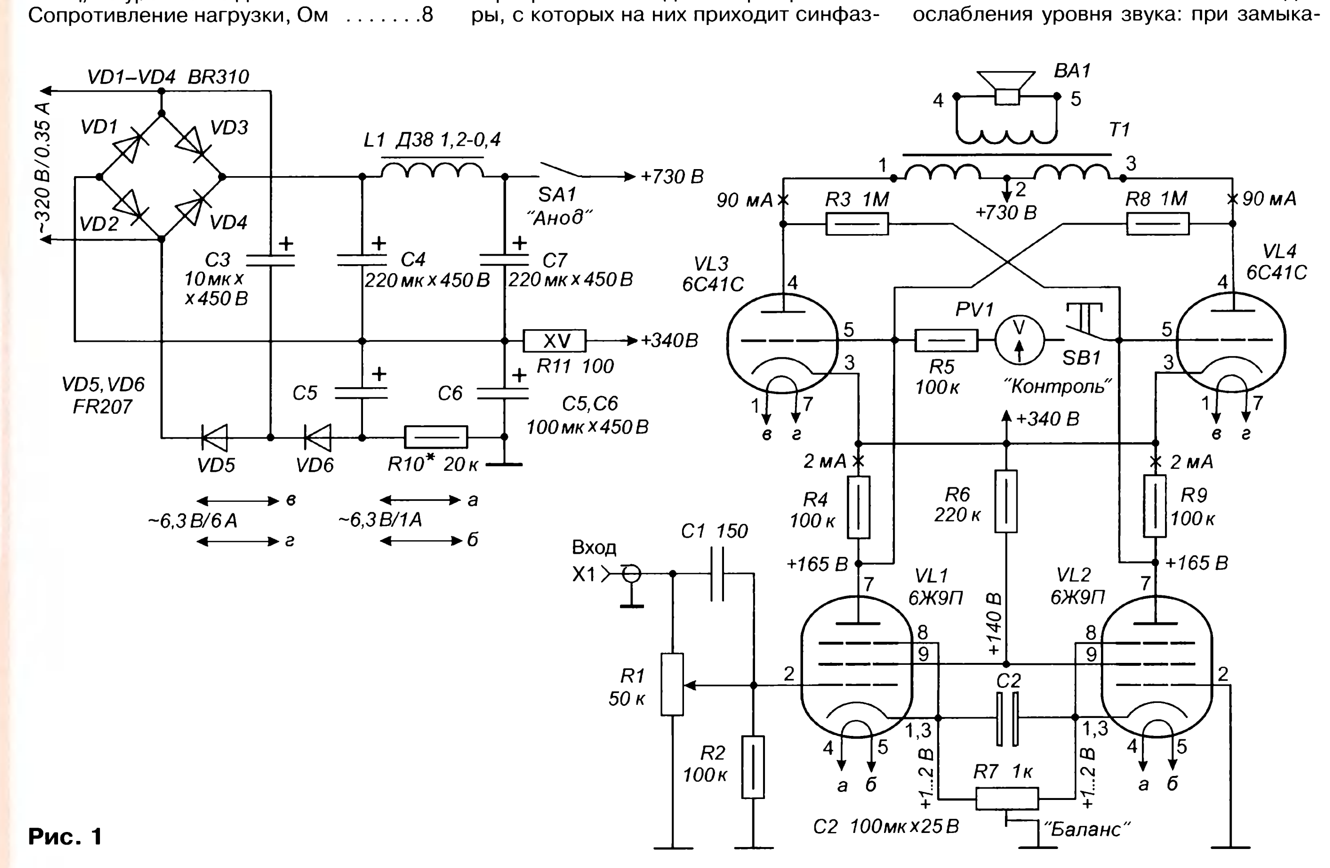


Рис. 1

нии контактов сетки триодов, на которые непосредственно с анодов VL1, VL2 приходит противофазный сигнал, соединяются через резистор R5 и внутреннее сопротивление микроамперметра, и коэффициент усиления уменьшается.

Резистор R11 блока питания образует дополнительное смещение в катодах выходных ламп, которое может изменяться в пределах −20...−40 В, в зависимости от входного сигнала. Это позволяет учесть изменение просадки верхнего (по схеме) источника питания в процессе работы усилителя и предотвратить перегрев мощных триодов. Этот же резистор создаёт местную обратную связь в катодах ламп VL3, VL4 с целью улучшения симметрии и линейности выходного каскада.

С целью формирования более ровного и одновременного ограничения сигнала (в разной полярности) при достижении максимальной мощности введены резисторы R3 и R8. Они создают местную положительную обратную связь в плечах выходного каскада (без нарушения его устойчивости), что способствует росту коэффициента усиления выходного каскада. С анодов выходных ламп сигнал поступает на выходной трансформатор T1, к вторичной обмотке которого подключается АС сопротивлением 6...12 Ом.

Указанные на схеме рис. 1 значения напряжений и токов соответствуют отсутствию входного сигнала.

О деталях и конструкции. Все постоянные резисторы — МЛТ-0,5 или импортные мощностью 1 Вт с отклонением номиналов ±5 %. Резистор R11 (отклонение от номинала ±10 %) — ПЭВ-15 или импортный, мощностью рассеяния 25 Вт. Подстроечный резистор R7 — с креплением гайкой и с фиксатором оси — СП3-9, ППЗ-43, но лучше многооборотный, удобный для точной настройки. Оксидный конденсатор C2 — неполярный. Вместо конденсатора C3 ёмкостью 10 мкФ на 450 В можно поставить два параллельно включённых бумажных конденсатора МБГП, МБГО по 4 мкФ на 630 В. Мощность в нагрузке, достигающая номинальной (P = 50 Вт), соответствует напряжению на конденсаторах фильтров, близкому к предельно допустимому для оксидных конденсаторов. При нестабильной сети (с превышением её номинального напряжения) можно рекомендовать последовательное включение пары оксидных конденсаторов выпрямителей на меньшее номинальное напряжение (350 В), но удвоенной ёмкости. Для выравнивания распределения напряжения на этих конденсаторах параллельно каждому из них нужно подключить резисторы сопротивлением 30...40 кОм мощностью 2 Вт. В этом случае следует уделить особое внимание изоляции корпусов оксидных конденсаторов во избежание случайных замыканий. Другой вариант обеспечения эксплуатационной надёжности при повышенном напряжении сети — снижение напряжения на вторичной обмотке сетевого трансформатора с некоторой потерей в выходной мощности.

Дроссель L1 (например, Д47, Д48 и т. п.) должен быть рассчитан на ток не менее 0,35 А и иметь индуктивность не менее 1 Гн, а его активное сопротивление не должно превышать 70 Ом. Измерительная головка постоянного напряжения — типа М4203. Кнопка "Контроль" без фиксации — КМД1-1, её можно заменить тумблером. Все оксидные конденсаторы блока питания — импортные, например, Jamicon. Для достижения наибольшей мощности и равномерной нагрузки мощных триодов пентоды 6Ж9П должны иметь близкие параметры.



Рис. 2

Выходной трансформатор от усилителя ТУ-100 (фото на **рис. 2**) можно попробовать заменить подобным ему, например, У-015, У-04, производства ЛОМО, выходным трансформатором от усилителя "Прибой", а также ТВ41С на кольцевом магнитопроводе (производства г. Ростова-на-Дону), разработанным специально для триодов 6С41С. В крайнем случае можно рекомендовать унифицированный сетевой трансформатор серии ТПП на магнитопроводе ПЛМ22×32 (двухкатушечной конструкции), например ТПП294-220-50.

В блоке питания можно использовать два сетевых трансформатора: один — анодный, с высоковольтной обмоткой (напряжение ~320 В при токе до 350 мА), а другой — накальный с двумя обмотками по 6,3 В на ток 3 А (или одной на 6 А) и одной обмоткой на ток 1 А. Можно рекомендовать и один унифицированный трансформатор, например, ТАН120-220-50 ($P_{ном}$ = 190 Вт) или аналогичный.

Во избежание небольшого микрофонного эффекта пентода 6Ж9П (VL1) его панелька может быть установлена на амортизаторе. Монтаж радиоэлементов — навесной. На верхней панели усилителя закрепляют гайкой корпус переменного резистора R1, разместив его между панельками входных ламп. На лицевой панели устанавливают измерительную головку микроамперметра, кнопку "Контроль" и тумблер включения анодного напряжения.

Все проводники общего провода соединяют в одной общей точке ближе к входному разъёму усилителя и затем отдельным проводом присоединяют к корпусу (шасси) всей конструкции. Провода накальных цепей попарно скручивают для снижения наводок. Провода, идущие от анодов выходных ламп, скручивать не следует во избежание высокочастотных помех.

Детали и узлы, находящиеся под высоким напряжением, монтируют на изоляционных пластинах из текстолита или стеклотекстолита толщиной не менее 3 мм. Штырьки 2, 6 ламп VL3 и VL4 нельзя использовать для монтажа, так как они соединены с анодами!

При включении усилителя контакты тумблера SA1 должны быть разомкнуты, поэтому вначале подаётся напряжение сети для накала и анодного питания входных ламп. Затем, примерно через 30 с, можно включать анодное напряжение мощных триодов. Такая последовательность предотвращает нежелательные переходные процессы, связанные с тем, что лампы 6С41С после подачи анодного напряжения довольно долго входят в рабочий режим. Применённый нами сетевой трансформатор ТС-270, с обмоткой, перемотанной на более высокое анодное напряжение, заметно нагревается, поэтому ему следует обеспечить хорошую естественную вентиляцию.

С импульсным блоком питания со стабилизацией напряжения можно эффективно решать проблемы с питанием, хотя, по мнению наиболее взыскательных радиолюбителей и меломанов (мы себя к ним не относим), вносят свои искажения в спектр сигнала.

Немного о налаживании усилителя. Ток покоя триодов выходного каскада определяет резистор R10. Ток выходного каскада определяют по падению напряжения на резисторе R11: при общем токе 2×90 мА (без учёта тока маломощных ламп 6Ж9П) это напряжение равно 18 В. Сопротивление R10 можно изменять в интервале 10...20 кОм. Вместе с током покоя будут изменяться все напряжения, указанные на схеме, без нарушения работоспособности усилителя. Однако будет необходимо скорректировать и сопротивление резистора R6 (в интервале 180...220 кОм), влияющего на напряжение смещения на сетках выходного каскада. Например, при сопротивлении R10 = 15 кОм резистор R6 должен иметь номинал 200 кОм.

Подстройка баланса тока покоя ламп в плечах двухтактного каскада состоит в следующем. Предварительно установив движок подстроечного резистора R7 в среднее положение, после прогрева ламп при замкнутых контактах кнопки "Контроль" этим резистором устанавливают нулевое значение напряжения на измерительной шкале прибора. Затем следует проверить ещё раз ток покоя ламп выходного каскада. После этого усилитель готов к работе.

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

При налаживании может возникнуть вопрос о возможности самовозбуждения усилителя на высоких частотах из-за введённой местной положительной обратной связи и как это предотвратить? Если разводка монтажа сделана аккуратно и правильно, то этот эффект не возникает. На экране осциллографа при самовозбуждении можно наблюдать "размытость" наблюдаемого сигнала, что устранимо введением в цепь управляющих сеток мощных триодов резисторов сопротивлением 0,5...1 кОм (0,25—0,5 Вт). При отсутствии осциллографа эти резисторы допустимо включить ещё на этапе монтажа.

Если при работе усилителя всё же будет наблюдаться микрофонный эффект, то можно попробовать подобрать более устойчивый экземпляр лампы 6Ж9П или надеть на неё подпружиненное металлическое кольцо массой 70...100 г подходящих размеров для полного исключения микрофонного эффекта.

Также можно подобрать зарубежный аналог 6Ж9П, например, из пентодов 6688, EF180, E180F, EF861 (с учётом изменения нумерации выводов), имеющих большую устойчивость к проявлению микрофонного эффекта. Однако придётся учесть и разницу в их электрических характеристиках.

Если со временем в акустической системе станет заметным на слух фон переменного тока, необходимо проверить усилитель на симметрию его плеч. Для этого, при замкнутых контактах кнопки "Контроль", следует снова подрегулировать баланс по измерительному прибору. При этом должен исчезнуть и фон. Если же это не удаётся сделать, необходимо выявить и заменить неисправный радиоэлемент.

Внимание! В аппарате используется высокое напряжение — более 500 В относительно общего провода и корпуса (шасси), поэтому требования к электробезопасности предъявляются повышенные. Они заключаются в наличии обязательного кожуха, препятствующего доступ к лампам и цепям высокого напряжения и снабжённого необходимой индикацией (лучше с блокировкой доступа), а также обязательной надписью, указывающей на наличие высокого напряжения в приборе.

Переменное напряжение анодной обмотки сетевого трансформатора в отсутствие входного сигнала не должно превышать 350 В при максимальном напряжении сети! Для предотвращения повреждения оксидных конденсаторов нельзя включать ни блок питания, ни сам усилитель без нагрузки!

Чтобы исключить возможность теплового ожога, мощные триоды лучше оградить металлической конструкцией или защитным барьером. Следует избегать случайных касаний радиоэлементов до полной разрядки конденсаторов БП!

О субъективных оценках усилителя. Звучание с этим усилителем отличается быстрой атакой низкочастотных сигналов, что особо ощутимо на "тяжёлой" АС с резиновыми подвесами динамических головок, требующими, помимо значительной мощности, чёткости и детальности звуковой картины. Замечено, что на малом уровне громкости, благодаря значительному току покоя (90 мА) для двухтактного УМЗЧ, аппарат "отыгрывает" все нюансы звуковой палитры, мало уступая однотактному УМЗЧ, работающему в классе А.

Предлагаемый усилитель, по нашему мнению, может использоваться любителями "живого" звука электрогитары вместе с предусилителем и другими устройствами обработки звука.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Ахматов С., Санников Д.** Ламповый усилитель с симметричной структурой. — Радио, 2016, № 6, с. 16, 17.

2. **Ахматов С., Краюшкин В., Санников Д.** "Экрон" — ламповый усилитель с управлением по экранирующим сеткам. — Радио, 2017, № 2, с. 7—9.

3. **Ахматов С., Санников Д.** Два ламповых усилителя. — Радио, 2016, № 5, с. 17, 18.

НОВОСТИ ВЕЩАНИЯ

Раздел ведёт В. ГУЛЯЕВ, г. Астрахань

РОССИЯ

АЛТАЙ. 1 марта филиал РТРС "РТПЦ Республики Алтай" начал трансляцию радиостанции "Радио России" со вставками ГТРК "Горный Алтай" с передающих станций в четырёх населённых пунктах: Горно-Алтайск (частота вещания — 105 МГц, мощность передатчика — 2 кВт), Онгудай (частота вещания — 102,5 МГц, мощность передатчика — 100 Вт), Турочак (частота вещания — 103,8 МГц, мощность передатчика — 150 Вт), Иогач (частота вещания — 101,5 МГц, мощность передатчика — 30 Вт) (источник — URL: **http://gorny.rtrs.ru/tv/analog/rtrs-nachal-translyatsiyu-radio-rossii-s-obektov-svyazi-v-gorno-altayske-ongudae-turochake-i-iogache/** (22.03.19)).

МОСКОВСКАЯ ОБЛ. Радиостанция "Маруся ФМ" начала вещание с 14 марта в Воскресенске на частоте 107,2 МГц, в Егорьевске — на частоте 95 МГц (источник — URL: **https://vk.com/radiomarusyafm?w=wall-144294334_2426, https://vk.com/radiomarusyafm?w=wall-144294334_2408** (22.03.19)).

ПЕРМСКИЙ КРАЙ. Филиал РТРС "Пермский КРТПЦ" продолжает перевод радиовещания в CCIR-диапазон. В 2019 г. планируется перевести "Радио России" в этот участок ультракоротких волн на 14 радиотелевизионных передающих станциях (РТПС) региона, ещё на пяти РТПС вещание программы будет организовано в 2020 г. В 2019 г. в г. Березники планируется начать трансляцию радиостанции "Маяк" в CCIR-диапазоне.

В г. Перми уже произведён переход радиостанций "Маяк", "Вести FM" и "Радио России", а в г. Березники — радиостанций "Вести FM" и "Радио России" (источник — URL: **http://perm.rtrs.ru/tv/analog/rtrs-perevodit-radiostantsii-radio-rossii-i-mayak-v-fm-diapazon/** (22.03.19)).

Радиостанция "Маруся ФМ" начала вещание с 13 марта в г. Лысьва на частоте 88,7 МГц (источник — URL: **https://vk.com/radiomarusyafm?w=wall-144294334_2401** (22.03.19)).

СВЕРДЛОВСКАЯ ОБЛ. 14 марта началось вещание программ радиостанции "Радио День" в г. Ирбите на частоте 103,3 МГц. Сайт радиостанции <**https://radioday.fm/**> (источник — URL: **https://vk.com/radiodayrussia?w=wall-62552203_6617** (22.03.19)).

ТВЕРСКАЯ ОБЛ. 2 марта к региональной сети радиостанции "Юмор FM" присоединился г. Кашин — один из древнейших городов Тверской области. Вещание осуществляется на частоте 101,1 МГц (источник — URL: **http://www.gpmradio.ru/news-page/uid/15665** (22.03.19)).

Радиостанция "Love Radio" с 1 марта начала трансляцию программ в г. Кашине на частоте 106,1 МГц (источник — URL: **http://www.krutoymedia.ru/news/6026.htm** (22.03.19)).

ЧЕЛЯБИНСКАЯ ОБЛ. К сети вещания радиостанции "Love Radio" 11 марта присоединился г. Озёрск, частота вещания — 92,8 МГц (источник — URL: **http://www.krutoymedia.ru/news/6026.htm** (22.03.19)).

ЯКУТИЯ/САХА РЕСПУБЛИКА. 18 марта в Намском улусе Якутии на частоте 104,3 МГц официально запущено вещание радиостанции "Энсиэли". Для трансляций используется передатчик ГУП "ТЦТР Якутии".

Радио "Энсиэли" охватит все сферы жизни улуса. В эфире будут звучать новости улуса, интервью с интересными людьми, оперативные объявления, много музыки, в том числе местных авторов (источник — URL: **http://ysia.ru/v-namskom-uluse-zapushhena-radiostantsiya-ensieli/** (22.03.19)).

НОВОСТИ СЕТЕВЫХ РАДИОСТАНЦИЙ

За период с сентября 2018 г. по февраль 2019 г. были открыты 73 новые точки вещания радиостанций "Европейской медиагруппы" (ЕМГ), в том числе в Таджикистане и в республиках Дагестан, Мордовия, Кабардино-Балкария.

В сети самой охватной радиостанции ЕМГ "Европа Плюс" появилось 18 населённых пунктов. "Дорожное радио" услышали жители 14-ти новых городов. "Ретро FM" запустило вещание в 11 городах, а также в столице Мордовии г. Саранске.

"Радио 7 на семи холмах" зазвучало в восьми населённых пунктах. "Новое радио" продолжает активно развивать

***Примечание**. Время всюду — UTC. Время MSK = UTC + 3 ч.*

региональную сеть. За осенне-зимний сезон она увеличилась на 17 точек, а также станция начала свою работу в столице Таджикистана г. Душанбе. В Свердловской области и в Нижнем Тагиле открылась радиостанция "Спорт FM".

Кроме того, в составе ЕМГ появилась радиостанция "Калина красная". Новый проект холдинга начал вещание сразу в трёх крупных городах: Тольятти, Ставрополе и Рязани.

Подробная таблица начавших вещание в указанном периоде радиостанций холдинга приведена в источнике URL: **http://emg.fm/news/434** (22.03.19)).

ЗАРУБЕЖНОЕ ВЕЩАНИЕ

Примечание. Все нижеперечисленные коротковолновые частоты могут быть оперативно изменены вещателями из-за помех или плохого прохождения.

АЛЯСКА. Частотное расписание радиостанции KNLS ("The New Life Station", по-русски — "Станция новой жизни") с трансляцией религиозных программ на русском языке в летнем сезоне:

— в 09.00 — на частоте 9695 кГц;

— в 11.00 — на частоте 9580 кГц;

— в 15.00 — на частоте 9730 кГц.

Продолжительность каждой программы — один час, мощность передатчика —100 кВт, направление вещания — дальневосточный регион России.

В связи с возросшей стоимостью электроэнергии в сезоне с 31 марта по 26 октября трансляции идут в сокращённом на два часа режиме (источники — URL: **https://www.knls.net/home/расписание/** и **https://www.knls.net/home/станция-knls/новости-knls/** (22.03.19)).

БЕЛАРУСЬ. Министерство связи и информатизации Беларуси приняло решение о разработке частотно-территориального плана сети наземного цифрового звукового вещания в стандарте DAB+. Об этом стало известно в ходе семинара, организованного минской компанией "Тракт Медиа". До конца 2019 г. будет разработана дорожная карта для дальнейшего строительства сети. Разработка поручена ОАО "Гипросвязь".

Для построения сети цифрового радио планируется задействовать диапазон частот 174...240 МГц. Также известно, что в будущей сети планируется три мультиплекса по 18 радиостанций в каждом. Для построения национальной сети будет использоваться инфраструктура сети цифрового телевидения и сети сотовых операторов.

В ОАО "Гипросвязь" сообщили, что планируется проведение опытной эксплуатации комплекса оборудования стандарта DAB+ с проверкой качества приёма сигнала цифрового звукового вещания в городской и сельской местности, в том числе в условиях воздействия индустриальных помех. Для формирования передаваемого сигнала предполагается использование оборудования различных производителей. Для участия в опытной эксплуатации приглашены компании, формирующие контент радиовещания и основные производители передающего, формирующего и приёмного оборудования.

В организации опытной эксплуатации планируется участие специалистов ОАО "Гипросвязь", РУП "Белтелеком", РУП "БелГИЭ", ОАО "Промсвязь", представителей радиокомпаний и производителей оборудования. Данные, полученные по результатам испытаний в ходе опытной эксплуатации, будут использованы при расчёте оптимального частотно-территориального плана сети, разработке схемы построения распределительной сети и обосновании выбора оборудования.

Протестировать новую технологию можно будет с 1 апреля 2019 г. Пилотная зона будет развёрнута на базе "РТПС Колодищи". Тесты продлятся до 19 апреля. Также прорабатывается вопрос демонстрации оборудования на стенде ОАО "Гипросвязь" в рамках выставки ТИБО-2019 (источник — URL: **https://tvnews.by/radio/13988-v-belarusi-vnedrjat-cifrovoe-radio-v-formate-dab-pilotnaja-zona-pojavits-ja-uzhe-v-aprele.html** (22.03.19)).

ЕГИПЕТ. "Радио Каир" на русском языке можно слушать с 19.00 до 20.00 на частоте 9665 кГц, мощность передатчика — 125 кВт.

ИСПАНИЯ. "Международное испанское радио" (Radio Exterior de Espana) на русском языке в летнем сезоне запланировало вещание с понедельника по пятницу на частоте 12030 кГц с 18.00 до 18.30. Антенна ориентирована на Ближний Восток, мощность передатчика — 200 кВт.

КОРЕЯ. С 31 марта радиостанция "KBS World Radio" транслирует передачи на русском языке на коротких волнах два раза в день: с 13.00 до 14.00 — на частоте 9645 кГц, с 18.00 до 19.00 — на частоте 9820 кГц.

30-минутные передачи транслируются ежедневно на частоте 738 кГц (для Москвы и Подмосковья) в 01.00, 06.00, 09.30, 14.00, 17.30 и 20.00. Передачи можно слушать в прямом эфире и в записи на сайте "Всемирного радио KBS" по адресу **http://world.kbs.co.kr/service/index.htm?lang=r** (источник — URL: **http://world.kbs.co.kr/service/program_notice_view.htm?lang=r&procode=one&bbs=one_notice&no=29903** (22.03.19)).

МАДАГАСКАР. Радиостанция "Madagascar World Voice" (MWV) в летнем сезоне запланировала трансляции передач религиозного содержания на русском языке по следующему расписанию:

— с 8.00 до 19.00 — на частоте 11885 кГц;

— с 19.00 до 20.00 — на частоте 9690 кГц.

Мощность передатчика — 100 кВт, направление вещания — западная часть России (источник — URL: **https://www.knls.net/home/расписание-mwv/** (22.03.19)).

РУМЫНИЯ. Начиная с 31 марта "Интеррадио Румыния" планирует транслировать свои передачи на русском языке по следующему расписанию:

— с 04.30 до 04.56 — на частотах 6190, 7390(DRM) кГц;

— с 3.00 до 13.56 — на частотах 9890 и 11940 кГц;

— с 5.00 до 15.26 — на частотах 7360 и 9580(DRM) кГц

(источник — анонс радиостанции в эфире).

В летнем сезоне двадцатипятиминутные передачи "Интеррадио Румыния" на украинском языке выходят в эфир три раза в день: в 15.00, 17.00 и 19.00 на частоте 5910 кГц, направление вещания — Украина (источник — URL: **https://www.rri.ro/uk_uk/pages/home** (22.03.19)).

США. 11 марта глава Агентства США по международному развитию (USAID) Марк Грин пообещал, что США в ближайшие недели предложат механизм противодействия влиянию России в Европе, Евразии и Центральной Азии.

В этот же день президент США Дональд Трамп в бюджетном запросе к конгрессу на 2020-й финансовый год (начнётся 1 октября) попросил выделить 500 млн долларов на противодействие "российскому злонамеренному влиянию" в Европе.

В частности, Вашингтон планирует открыть сеть национальных центров цифровых расследований по всему миру с привлечением местных СМИ и НПО. Также планируется использовать крупнейшие IT-компании, прежде всего, Facebook, Twitter и Google (источник — URL: **https://iz.ru/855165/2019-03-12/ssha-sokrashchaiut-biudzhet-radio-svoboda-do-628-mln** (22.03.19)).

Соединённые Штаты Америки сокращают бюджет Агентства по глобальным медиа (USAGM), куда входят радиостанции "Радио Свобода"/"Радио Свободная Европа" на 2020-й финансовый год, примерно на 5 % (33 млн долл.), до итоговой суммы 628 млн долл. При этом русскоговорящую аудиторию планируется увеличить в два раза.

Администрация президента США Дональда Трампа в бюджетной заявке на 2020 г. предлагает сократить расходы на содержание "Радио Свобода" на 22 %. Сэкономить средства предлагается, закрыв грузинскую, татаро-башкирскую ("Азатлык радиосы" и "Idel.Реалии") и северокавказскую редакции, сообщается на сайте "Idel.Реалии".

Помимо закрытия редакций, администрация Трампа предлагает сократить расходы на балканскую службу. Бюджет "Радио Свобода" сократят со 124 млн долл. в этом году и до 87 млн долл. в следующем. В прошлом году администрация также предлагала сократить расходы на радиовещание за рубежом, однако конгресс увеличил бюджет "Радио Свободы".

В настоящее время вещание ведётся на 26 языках в 23 странах Восточной Европы, Центральной Азии, Ближнего и Среднего Востока (источник — URL: **https://www.kommersant.ru/doc/3916568** (22.03.19)).

Хорошего приёма и 73!

Высокочастотный среднеквадратичный милливольтметр

Д. МОЛОКОВ, г. Нижний Тагил Свердловской обл.

В предлагаемом милливольтметре преобразователь среднеквадратичного значения переменного напряжения произвольной формы в постоянное собран на ОУ и диодах Шоттки. Применены высокочастотные диоды Шоттки без смещения по постоянному току с использованием квадратичности их ВАХ.

Базовая схема и возможность применения диодных преобразователей среднеквадратичных значений на диодах описаны в [1]. Согласно [2], естественная квадратичность диодов Шоттки проявляется в режиме малого сигнала. Предлагаемый милливольтметр можно сравнить с широко распространённым милливольтметром среднеквадратичных значений напряжения произвольной формы В3-48А, а в плане применения диодов Шоттки — с милливольтметром высокочастотным В3-62.

В милливольтметре В3-48А применены два преобразователя на основе УПТ, построенных по схеме МДМ (модулятор—демодулятор). Четыре квадратора образованы согласованными парами полевых транзисторов и обеспечивают двухполупериодную обработку сигнала. Частота измеряемых сигналов — от 10 Гц до 50 МГц. Высокочастотная часть милливольтметра выполнена на дискретных элементах.

В милливольтметре В3-62 применён один преобразователь на основе МДМ УПТ. Два квадратора построены на дискретных высокочастотных диодах Шоттки, работающих без смещения. Обработка сигнала — однополупериодная. Полоса частот измеряемых сигналов — от 10 кГц до 1500 МГц. Квадраторы установлены в выносном пробнике, не имеющем предварительного усилителя. Этим объясняется сравнительно высокая нижняя граница полосы частот (10 кГц), а также завышенное минимальное значение измеряемого напряжения (0,7 мВэфф).

В предлагаемом милливольтметре имеются два преобразователя на интегральных инструментальных усилителях. В качестве квадраторов использованы две согласованные пары высокочастотных диодов Шоттки, работающих без смещения. Это обеспечило двухполупериодную обработку сигнала.

По сравнению с милливольтметром В3-48А применение инструментальных усилителей и широкополосных ОУ позволило упростить схему прибора и его налаживание, расширить полосу частот измеряемых сигналов. Все связи между усилителями переменного тока непосредственные, без разделительных конденсаторов большой ёмкости. Применение в блоке питания интегральных линейных стабилизаторов напряжения также существенно упростило схему. Объём корпуса и масса милливольтметра приблизительно в два раза меньше, чем у В3-48А.

Основные технические характеристики

Пределы измерения напряжения:
- без предварительного делителя, мВэфф 1, 3, 10, 30, 100, 300
- с предварительным делителем, Вэфф 1, 3, 10, 30, 100, 300

Постоянная составляющая измеряемого напряжения, В, не более:
- без предварительного делителя 150
- с предварительным делителем 300

Сумма амплитуды переменной составляющей измеряемого напряжения и его постоянной составляющей, В, не более 500

Основная погрешность относительно предела измерения, %, не более . . . .±2,5

Минимальная частота измеряемого сигнала, Гц 10

Максимальная частота измеряемого сигнала, МГц 100

Частота градуировки, кГц 1

Входная ёмкость, пФ, не более:
- без предварительного делителя 4
- с предварительным делителем .6
- без выносного пробника 5

Активное входное сопротивление на частоте 45 Гц:
- без предварительного делителя при амплитуде входного сигнала не более 500 мВ, МОм, не менее 2
- с предварительным делителем, МОм, не менее 3
- без выносного пробника, Ом 50

Габаритные размеры без выносного пробника, мм . . . . .271×191×123

Масса, кг 2,57

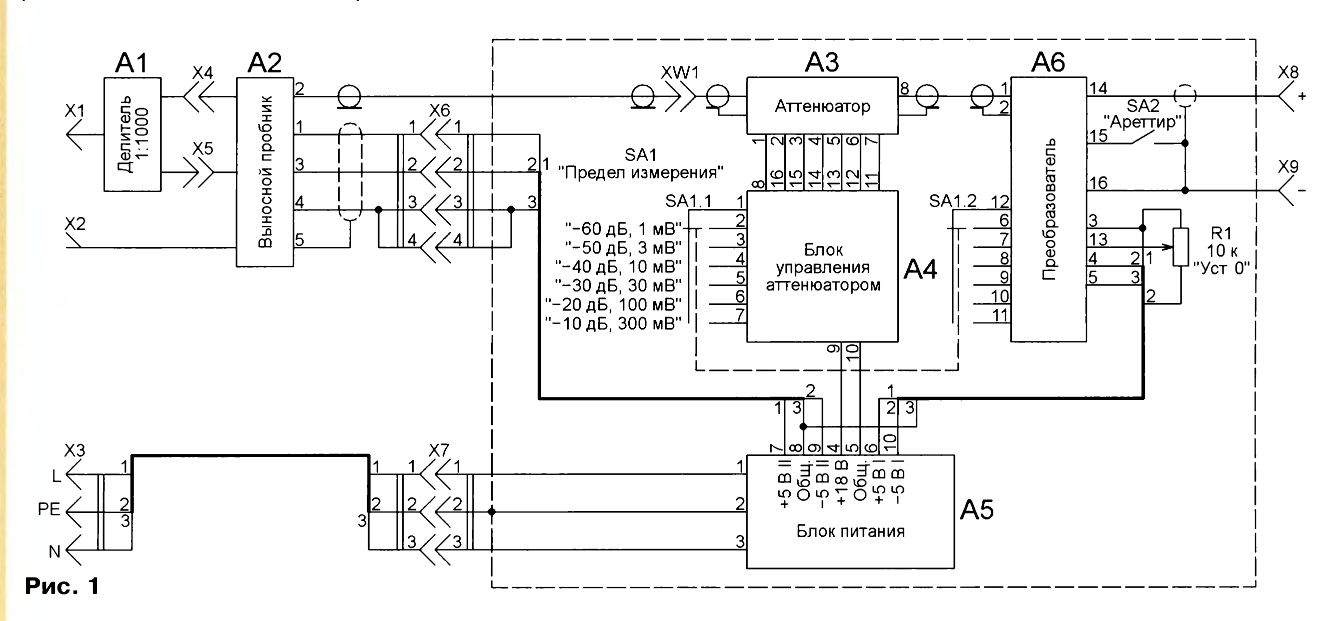


Рис. 1

РАДИО® ИЗМЕРЕНИЯ
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Питание . . . . .сеть ~230 В 50 Гц
Потребляемая мощность,
В·А, не более 24

Схема соединения блоков прибора изображена на **рис. 1**. В его основном корпусе размещены аттенюатор A3, блок управления им A4, блок питания A5 и преобразователь среднеквадратичного значения измеряемого напряжения в пропорциональное ему постоянное напряжение A6, в состав которого входит и микроамперметр, показывающий результат измерения.

В том же корпусе находятся органы управления: галетный переключатель пределов измерения SA1, выключатель SA2 "Арреттир", который замыкают, чтобы защитить механизм микроамперметра от повреждения при механических воздействиях, например, во время переноски прибора, и переменный резистор R1 для установки стрелки прибора на ноль.

Делитель измеряемого напряжения 1:1000 A1 и выносной пробник A2 образуют отдельный конструктивный узел, соединяемый с основной частью прибора кабелем с разъёмами.

В тексте статьи там, где это нужно во избежание путаницы, позиционные обозначения элементов, входящих в состав блоков A1—A6, снабжены префиксами, соответствующими номерам блоков (например, 2R3 — резистор R3 в блоке A2). Позиционные обозначения элементов схемы, изображённой на рис. 1, всегда упоминаются без префиксов.

Делитель напряжения A1 собран по схеме, показанной на **рис. 2**. Его подключают к выносному пробнику A2 для измерения напряжения на пределах 1, 3, 10, 30, 100 и 300 Вэфф.

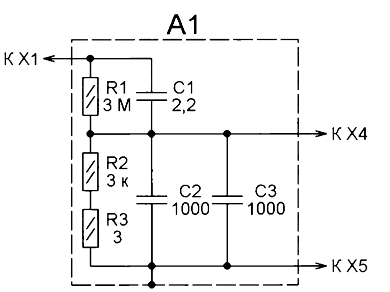


Рис. 2

Схема **выносного пробника A2** представлена на **рис. 3**. Сигнал с его выхода поступает на аттенюатор A3 по коаксиальному кабелю с волновым сопротивлением 50 Ом. Конденсатор C1 отсекает постоянную составляющую измеряемого напряжения. Истоковый повторитель на полевом транзисторе VT1 обеспечивает высокое входное сопротивление прибора. Нулевой относительно общего провода потенциал на выходе пробника обеспечивает цепь подачи постоянного напряжения смещения на затвор транзистора VT1. Она состоит из подстроечного резистора R1 и постоянных резисторов R3, R4.

Диод VD1 обеспечивает защиту входа от перегрузки по напряжению. Он открывается при амплитуде приложенного к нему переменного напря-

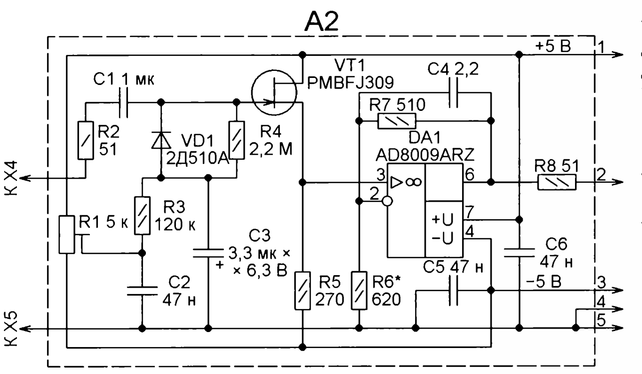


Рис. 3

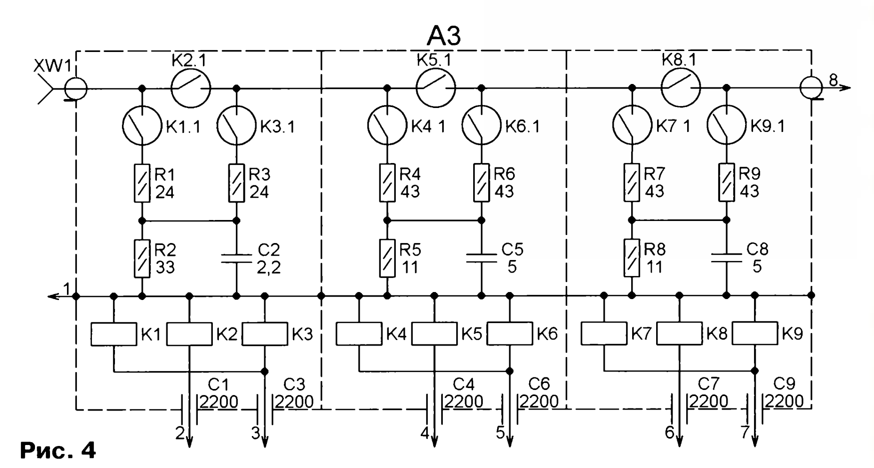


Рис. 4

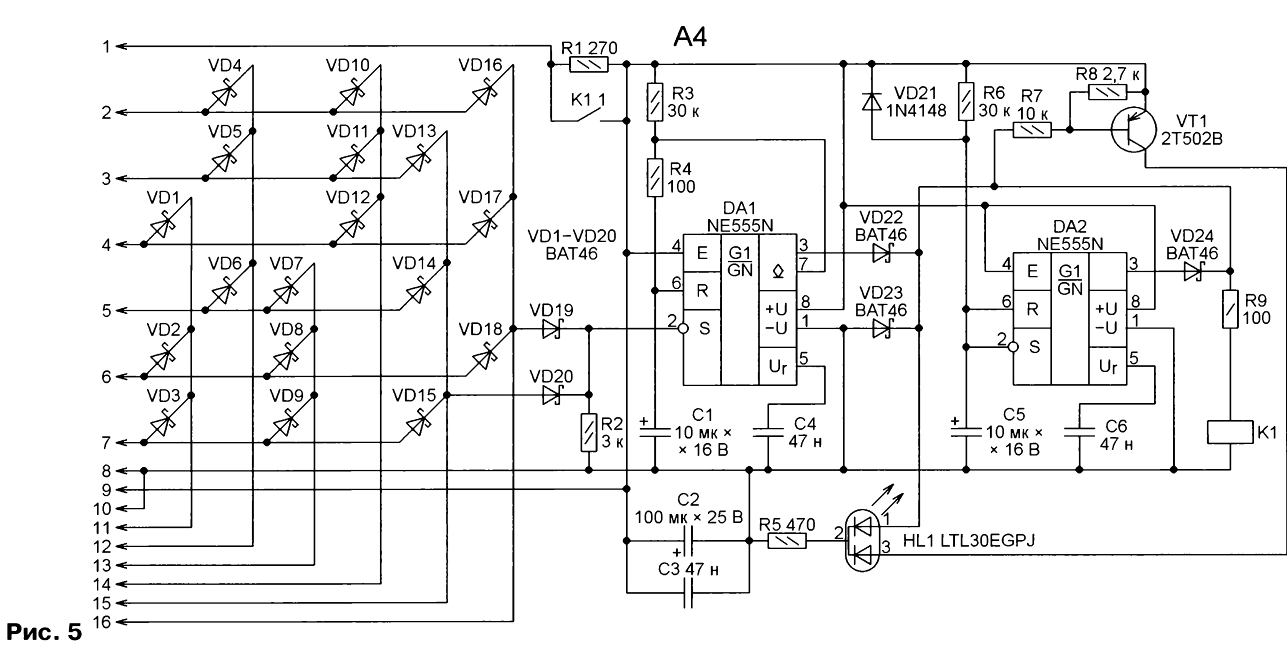


Рис. 5

жения более 300...400 мВ. Выходным усилителем пробника служит широкополосный ОУ AD8009ARZ (DA1), нагруженный через резистор R8 коаксиальным кабелем. Резистор обеспечивает равенство выходного сопротивления пробника волновому сопротивлению кабеля. Подборкой сопротивления резистора R6 добиваются, чтобы коэффициент передачи напряжения пробником при нагрузке 50 Ом был равен единице.

Аттенюатор А3, схема которого изображена на **рис. 4**, состоит из трёх секций. Первая из них (на резисторах R1—R3) ослабляет сигнал на 10 дБ, две другие — на 20 дБ каждая. Коммутируют секции высокочастотными герконовыми реле К1—К9.

Все секции полностью экранированы. Управляющее напряжение поступает на обмотки реле К1—К9 через проходные конденсаторы. Коаксиальная розетка XW1 (та же, что на схеме рис. 1) установлена в секции с затуханием 10 дБ, а напротив неё в лицевой панели прибора сделано отверстие для подключения ответной части.

Схема **блока управления аттенюатором А4** показана на **рис. 5**. Он управляет состоянием реле 3К1—3К9 согласно положению переключателя пределов измерения SA1 (см. рис. 1), уменьшая при этом ток через обмотки реле в режиме удержания. Дешифратор положений переключателя — диодная матрица VD1—VD18.

При переключении пределов измерения подвижный контакт переключателя SA1.1 перемещается с одного неподвижного контакта на другой, разрывая в моменты перехода цепи питания обмоток всех реле 3К1—3К9. Благодаря диодам матрицы VD13—VD18, а также диодам VD19 и VD20 в эти моменты напряжение на входе S таймера DA1 [3]

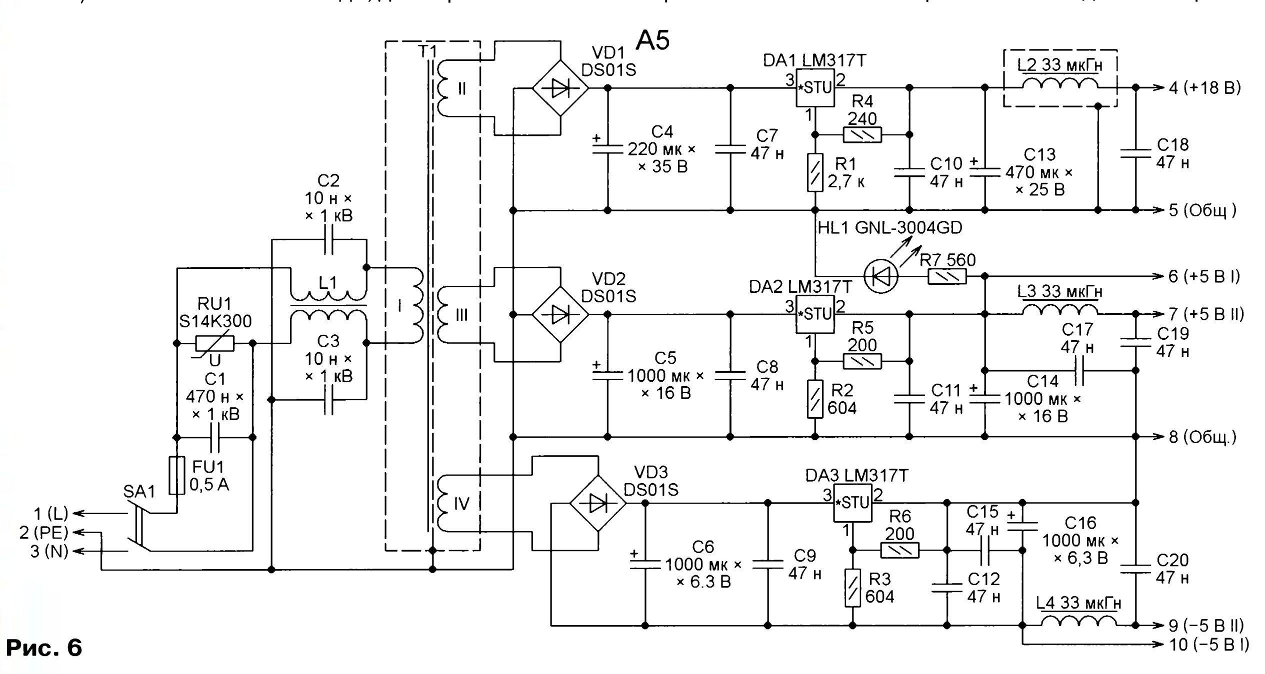


Рис. 6

Рис. 7

понижается. Собранный на нём одновибратор запускается и генерирует на выводе 3 импульс положительной полярности длительностью около 0,3 с. На время импульса срабатывает подключённое к выходу таймера через диод VD22 реле К1. Его контакты К1.1, замкнувшись, исключают из цепи питания реле 3К1—3К9 резистор R1. Под действием повышенного напряжения выбранные переключателем SA1.1 реле срабатывают. По окончании импульса контакты К1.1 размыкаются, включая в цепь питания реле аттенюатора резистор R1. Это уменьшает ток через их обмотки до необходимого для удержания контактов в замкнутом состоянии значения, что облегчает тепловой режим реле и аттенюатора в целом.

Одновибратор на таймере DA2 срабатывает однократно при включении питания прибора. Он генерирует такой же импульс, как был описан выше, поступающий на обмотку реле К1 через диод VD24. Это обеспечивает первоначальную установку реле аттенюатора А3 в состояние, соответствующее положению переключателя пределов измерения до включения питания.

Индикатором состояния реле К1 служит двухцветный светодиод HL1. Когда на обмотке этого реле нет напряжения, транзистор VT1 открыт, светится зелёный кристалл светодиода, а реле аттенюатора А3 работают в облегчённом режиме. При сработавшем реле К1 (форсированном режиме питания обмоток реле аттенюатора) светится красный кристалл светодиода, а его зелёный кристалл выключен благодаря закрывшемуся транзистору VT1.

Блок питания А5 построен по изображённой на **рис. 6** традиционной схеме на основе сетевого понижающего трансформатора Т1 с тремя вторичными обмотками и линейных интегральных стабилизаторов напряжения DA1—DA3. Трансформатор имеет экранирующую обмотку и помещён в экран из мягкой стали. Сетевое напряжение на обмотку I трансформатора поступает через фильтр из двухобмоточного дросселя L1 и конденсаторов С1—С3. Защиту первичной обмотки трансформатора от повышения напряжения в

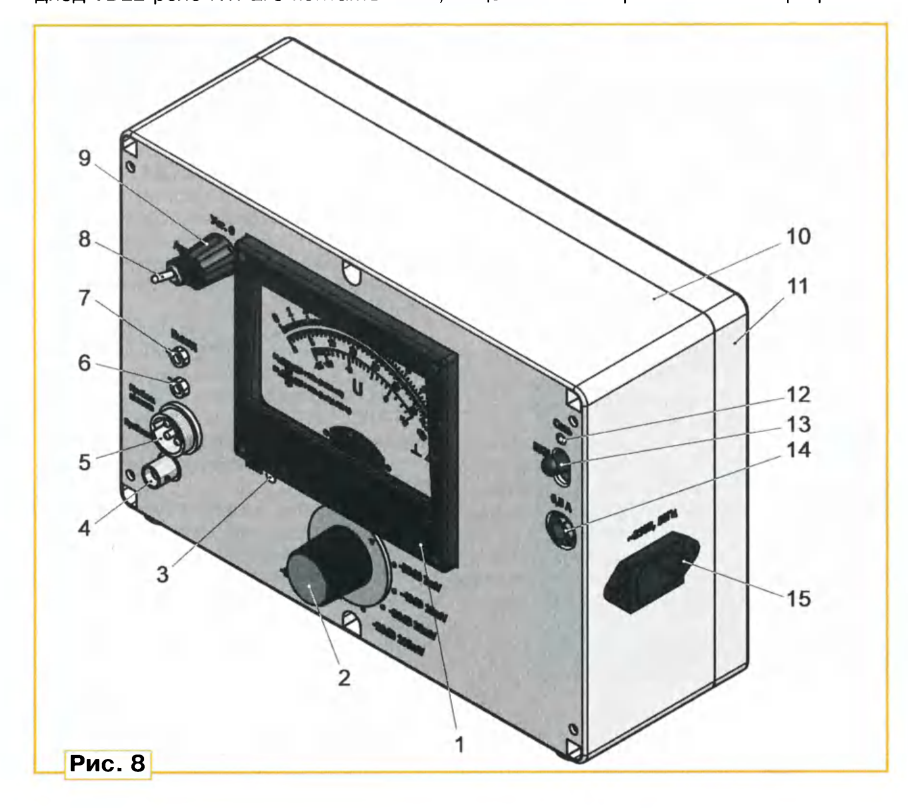
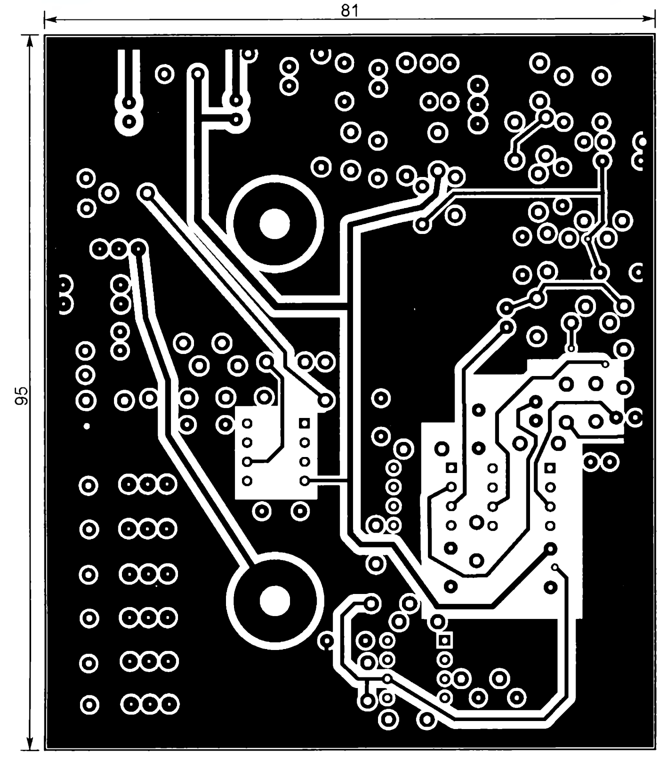


Рис. 8



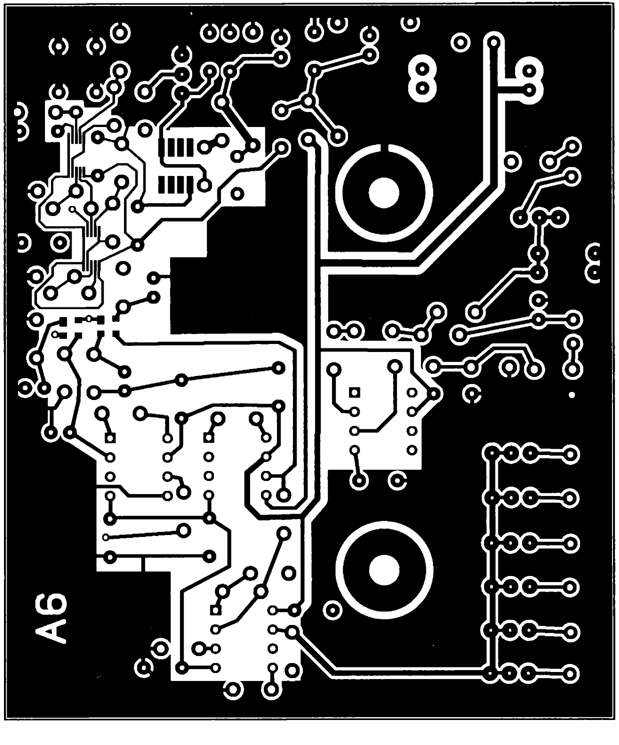


Рис. 9

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

питающей сети обеспечивают варистор RU1 и плавкая вставка FU1.

Схема **блока А6 — преобразователя среднеквадратичного значения переменного напряжения в пропорциональное ему постоянное напряжение** — изображена на **рис. 7**. Он состоит из широкополосного усилителя, двух собственно преобразователей, инвертирующего УПТ, суммирующего УПТ, а также масштабирующего УПТ.

Широкополосный усилитель выполнен на двух сдвоенных широкополосных ОУ DA1 и DA3. Его общий коэффициент усиления — 16. Входы сигналов разрешения работы ОУ (выводы 5 и 6 этих микросхем) подключены к плюсовой линии питания. Таким образом, все ОУ постоянно активны.

Двухполярное напряжение питания микросхем DA1 и DA3 стабилизировано стабилитронами VD1 и VD2. Подаваемое на вход ОУ DA1.1 напряжение смещения, регулируемое подстроечным резистором R14, получено из напряжения, стабилизированного источником образцового напряжения DA2.

Положительные и отрицательные полупериоды переменного напряжения произвольной формы обрабатываются отдельными преобразователями. Положительные — содержащими диодную сборку VD4 и инструментальный усилитель DA5, отрицательные — содержащими диодную сборку VD3 и инструментальный усилитель DA4. Коэффициенты усиления обоих инструментальных усилителей заданы резисторами R23 и R24, равными 100.

Конденсаторы C20—C23 — оксидно-полупроводниковые танталовые. Поскольку полезный сигнал на выходе инструментального усилителя DA4 имеет отрицательную полярность, он проходит через инвертирующий повторитель напряжения на ОУ DA7.1 и лишь после этого поступает на инвертирующий вход ОУ DA7.2, где суммируется с выходным сигналом инструментального усилителя DA5.

Суммарный сигнал с выхода ОУ DA7.2 через один из подстроечных резисторов R37—R42 и переключатель SA1.2 (см. рис. 1) поступает на вход масштабирующего усилителя на ОУ DA6. С выхода этого усилителя сигнал поступает на стрелочный индикатор PA1, защищённый от перегрузок соединёнными встречно-параллельно лавинными диодами VD5 и VD6. Он же через интегрирующую цепь R32C24 поступает на гнездо X8 для измерения внешним вольтметром. Установка стрелки индикатора на ноль обеспечивается смещением, подаваемым на неинвертирующий вход ОУ DA6 с движка переменного резистора R1 (см. рис. 1).

Коэффициент передачи масштабирующего усилителя корректируют индивидуально на каждом пределе измерения подстроечными резисторами R37—R42. Это устраняет погрешность, вносимую аттенюатором A3 при различных комбинациях включения его секций.

Рис. 10

Внешний вид милливольтметра без подключённого выносного пробника показан на **рис. 8**. Он собран в пластмассовом корпусе G378, имеющем размеры 185×265×95 мм. Вся внутренняя поверхность корпуса (10) и его крышки (11) после вырезания и сверления всех необходимых отверстий оклеена липкой алюминиевой или (с помощью липкой с двух сторон ленты) медной фольгой. Предварительно необходимо убедиться в электропроводности фольги. Возможно, она была изготовлена напылением или оксидирована.

Все фрагменты фольги должны быть надёжно электрически соединены между собой. Экран корпуса электрически соединён с контактом 2 разъёма X7. С тем же контактом соединён гибким монтажным проводом длиной не менее 150 мм экран крышки.

На лицевой стороне корпуса размещены микроамперметр 6PA1 (1), переключатель SA1 (2), выключатель SA2 (8), разъём питания пробника X6 (5), высокочастотная розетка XW1 (4), переменный резистор R1 (9), гнёзда для подключения внешнего вольтметра X8 (7) и X9 (6). Имеются отверстия для светодиодов 4HL1 (3) и 5HL1 (12), для выключателя 5SA1 (13), отверстие под держатель плавкой вставки 5FU1 (14).

На боковой стенке корпуса расположен разъём питания X7 (15). На нижней стороне корпуса и сзади на крышке прибора имеются опорные ножки. Таким образом, прибор можно ставить как вертикально на нижнюю сторону корпуса, так и горизонтально на крышку.

Внутри прибора размещены аттенюатор A3, плата управления аттенюатором A4, блок

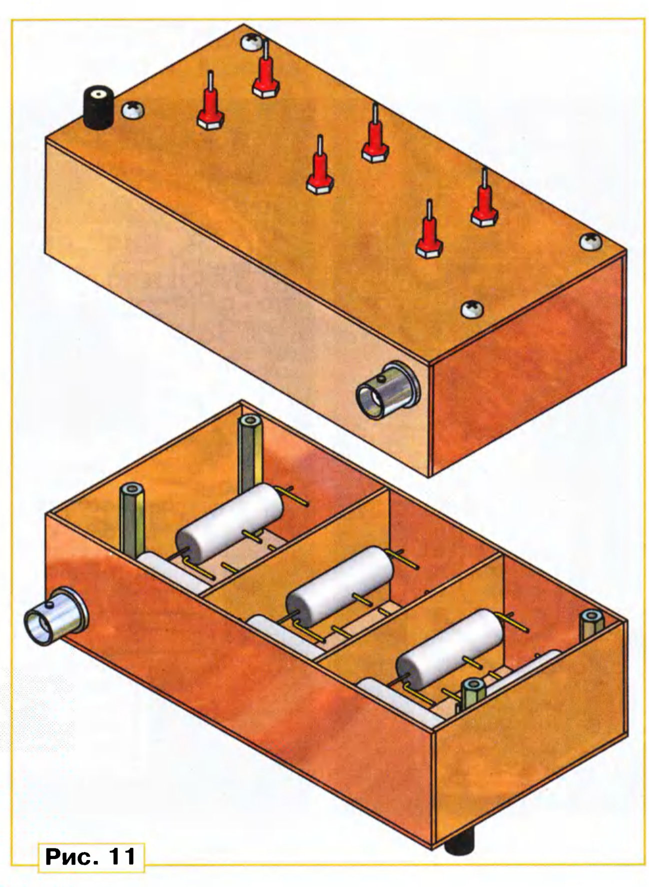


Рис. 11

питания А5 и преобразователь А6. Печатная плата последнего надета на выводы микроамперметра 6РА1 и закреплена на них. Чертёж этой платы изображён на **рис. 9**, а на **рис. 10** показано расположение деталей на ней.

ном пластмассовом корпусе от маркера HIGHLIGHTER. Поперечное сечение этого корпуса — прямоугольник 25×12,5 мм с закруглёнными углами. Разъёмы Х4 и Х5, соединяющие делитель и пробник, образованы парами гнёзд Г1,6 и штекеров Ш1,6. При измерениях без предварительного делителя штекер разъёма Х4 служит входным щупом пробника. В нерабочем состоянии и при транспортировке рабочую часть делителя закрывают пластмассовым колпачком.

Монтаж делителя А1 — навесной. Детали пробника А2 смонтированы на печатной плате, чертёж проводников которой показан на **рис. 13**, а расположение деталей — на **рис. 14**. Корпусы пробника и делителя необходимо оклеить изнутри алюминиевой или медной фольгой, дополнительно изолировав её слоем электротехнического картона или лакоткани.

Длина отрезка кабеля РК50-3-111, соединяющего пробник с основным блоком прибора, — не более 490 мм. У него — многожильный центральный проводник, сплошная полиэтиленовая изоляция. Допускается применение иных кабелей с волновым сопротивлением 50 Ом. Если не предполагается использовать прибор на высоких частотах, длину кабеля можно увеличить.

В милливольтметре применены следующие детали. Микроамперметр 6РА1 — М906 0—100 мкА — с окном трапецеидальной формы. Для него необходимо изготовить новую шкалу, показанную на **рис. 15** в масштабе 1:1. В качестве заготовки можно использовать штатную алюминиевую шкалу миллиамперметра, повернув её обратной стороной и нанеся рисунок методом металлографии, или применить виниловую наклейку на эту шкалу.

Нужно обратить внимание на условное обозначение рабочего положения шкалы. На рис. 15 знаком "перевёрнутое Т" показано, что оно вертикальное. Если используемый микроамперметр рассчитан на работу при горизонтальном положении шкалы, этот знак нужно заменить горизонтальной чертой. Кроме того, можно указать на шкале класс точности прибора и интервал частот, в котором он обеспечивается.

Встречаются микроамперметры М906 с окном прямоугольной формы. В



Рис. 12

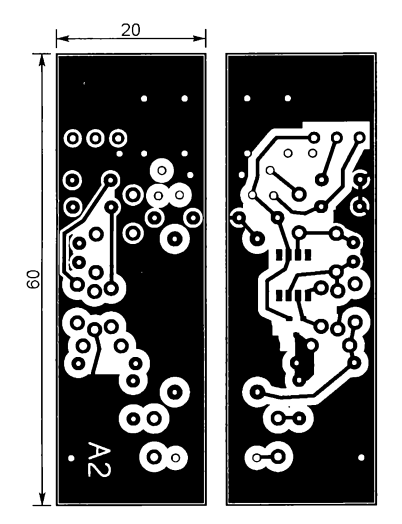


Рис. 13

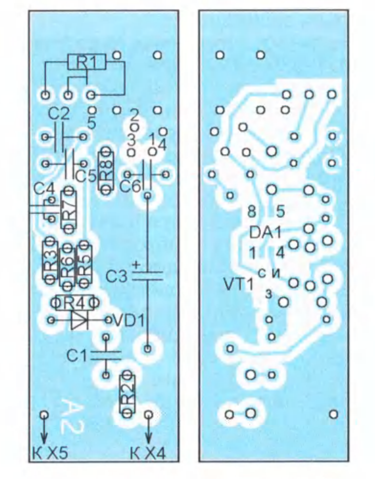


Рис. 14

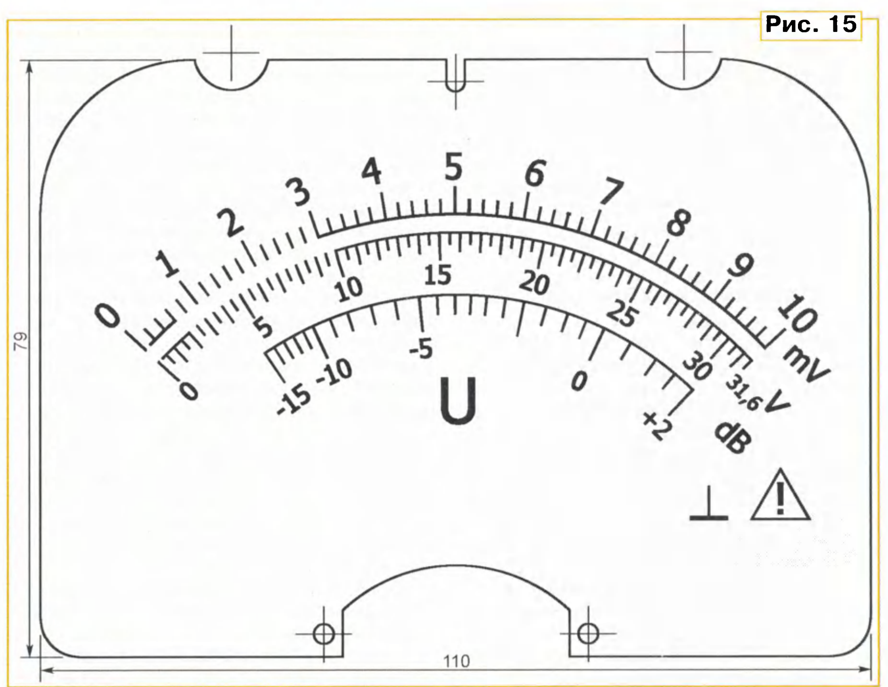
Внешний вид аттенюатора А3 показан на **рис. 11**. Он собран в корпусе размерами 140×71,5×36,5 мм из фольгированного с двух сторон стеклотекстолита толщиной 1,5 мм. Детали корпуса по всей длине их стыков соединены пайкой. Проходные конденсаторы вставлены в отверстия дна корпуса. Монтаж остальных радиодеталей — навесной. Закреплён аттенюатор на левой стенке корпуса прибора. При этом крышкой аттенюатора служит наклеенная на эту стенку фольга.

Выходной кабель аттенюатора (РК50-3-111) пропущен сквозь отверстие диаметром 3,5 мм, просверленное в дне его корпуса. Оплётку участка кабеля, вставленного внутрь, необходимо расплести, равномерно распределить по окружности отверстия и припаять к фольге-экрану изнутри.

Большинство деталей блока питания А5, включая силовой трансформатор, микросхемы DA1—DA3 с теплоотводами, выключатель SA1 и держатель плавкой вставки FU1, установлены отдельно. Остальные смонтированы на печатной плате, чертёж которой здесь не приводится, поскольку её форма и размеры зависят от размеров применённых трансформатора Т1 и двухобмоточного дросселя L1.

Делитель А1 и пробник А2 размещены, как показано на **рис. 12**, в проч-

Рис. 15



этом случае понадобится изменить внешние очертания шкалы, не изменяя наносимый на неё рисунок. Если использовать милливольтметр только как приставку к внешнему вольтметру, микроамперметр 6PA1 и выключатель SA2 в нём можно не устанавливать. После этого он сможет работать в любом положении.

Переключатель SA1 — ПГК11П2Н-8 с ограничителем на шесть положений, выключатель SA2 — П1Т-1-1В, выключатель 5SA1 — МТ3. Высокочастотный соединитель XW1 серии BNC с волновым сопротивлением 50 Ом состоит из блочной розетки с креплением гайкой и кабельной вилки. Здесь могут быть использованы разъёмы отечественного производства — вилка СР50-74ПВ и розетка СР50-73ПВ. При использовании вилок и розеток разных изготовителей нужно предварительно убедиться в их совместимости.

X2 — зажим "крокодил" AG-103-A. Соединитель X6 — вилка и розетка PC4 или РСГ4. Гнездо X7 — СНП226-3ВП-И. Такие гнёзда выпускают как без встроенных держателя плавкой вставки и выключателя, так и с ними. При использовании последних отдельный держатель плавкой вставки 5FU1 и выключатель 5SA1 не нужны.

Реле 3K1—3K9 — РЭВ18А исполнения РС4.569.800-01, реле 4K1 — HLS8L-DC12V-S-A. Дроссель 5L1 — двухобмоточный помехозащитный CKH-124 TC090, допускается его замена на B82731M2501A017 EPCOS или аналогичный. Дроссель 5L2 — ELC16B330L, дроссели 5L3, 5L4, 6L1, 6L2 — AL0177. Трансформатор 5T1 намотан на стальном магнитопроводе ШЛ16×25. Обмотка I — 2100 витков, обмотка II — 225 витков, обмотки III и IV — по 85 витков. Все они намотаны проводом ПЭВТЛ-2 диаметром 0,27 мм. Между обмоткой I и остальными проложен экран — незамкнутый слой медной фольги толщиной 0,05 мм.

Все постоянные резисторы — МЛТ или им подобные. Все подстроечные резисторы — 3266W мощностью 0,25 Вт. Переменный резистор R1 — СП4-2М. Конденсаторы 2C3, 6C20—6C23 — оксидно-полупроводниковые танталовые серии 199D, остальные оксидные — импортные. Проходные конденсаторы 3C1, 3C3, 3C4, 3C6, 3C7, 3C9 — КТП-1. Остальные конденсаторы — керамические импортные.

Налаживание прибора

Собранный без ошибок и из исправных деталей блок питания в налаживании не нуждается. Необходимо лишь проверить напряжения на его выходах относительно общего провода. Их отклонения от указанных на схеме рис. 6 не должны выходить за пределы ±5 %.

При налаживании аттенюатора необходимо до его установки в прибор убедиться в исправности всех реле, поочерёдно подавая напряжение 18 В на центральные проводники проходных конденсаторов. Срабатывание реле контролируйте омметром, подключённым к его контактам.

Исправность каждой ступени ослабления отдельно или в любой комбинации тоже можно проверить с помощью омметра, подключив один из его щупов к экрану корпуса аттенюатора, а другой — к его выводу 8 или к центральному проводнику коаксиального гнезда XW1. При включении реле в различных комбинациях показания омметра должны оставаться в пределах 52...57 Ом. При сработавших реле K2, K5, K8 и не сработавших остальных омметр должен показать бесконечное сопротивление и нулевое при подключении одного щупа к выходу 8, а другого к центральному контакту коаксиального гнезда XW1.

Проверенный аттенюатор установите на его место в корпусе прибора, не подключая его к плате A4. К выводу 8 и общему проводу (экрану) должен быть подключён отрезок коаксиального кабеля, второй конец которого должен остаться свободным.

Налаживание платы управления аттенюатором A4 начните с подключения её к блоку питания A5 и переключателю SA1.1. Одновибраторы DA1 и DA2 должны срабатывать соответственно при каждом переводе переключателя SA1.1 в другое положение и при включении питания. При этом должно срабатывать реле K1 и изменяться цвет свечения светодиода HL1. Необходимо убедиться в исправности диодной матрицы проверкой соответствия напряжений на выводах 11—16 платы теми реле аттенюатора, которые должны сработать в каждом положении переключателя. Измерять напряжение следует вольтметром, параллельно которому подключён резистор номиналом 2,7 или 3 кОм.

Для налаживания выносного пробника A2 необходимо подключить его к разъёмам XW1 и X6 и включить прибор. К коаксиальному кабелю на выходе аттенюатора A3 необходимо подключить мультиметр в режиме измерения постоянного напряжения. Параллельно ему следует подключить резистор сопротивлением 51 Ом. Вход пробника — штырь X4 и гнездо X5 — соедините накоротко. Переключатель SA1 необходимо установить в положение "1 мВ". Переменным резистором 2R1 добейтесь нулевых показаний вольтметра с точностью ±0,1 мВ (автор использовал мультиметр M890D). После этого отключите от пробника мультиметр и резистор и удалите перемычку, соединяющую X4 и X5,.

Подайте на вход пробника от генератора синусоидальных колебаний с калиброванным выходом напряжение 1 мВэфф с частотой 1000 Гц. Контролируйте милливольтметром переменного тока напряжение на выходном коаксиальном кабеле аттенюатора A3. Подборкой резистора 2R6 добейтесь показаний милливольтметра 1 мВэфф. После этого подключите центральный провод коаксиального кабеля от аттенюатора к выводу 1, а его оплётку — к выводу 2 преобразователя A6.

Делитель напряжения A1, собранный из исправных деталей, в налаживании не нуждается.

Преобразователь A6 перед налаживанием должен быть подключён ко всем внешним цепям. Начните налаживание с регулировки цепи миллиамперметра PA1. Для этого отключите левый по схеме вывод резистора R31 от других деталей и соедините его с плюсовым зажимом лабораторного источника питания, на выходе которого установите напряжение 1 В. Минусовый зажим источника должен быть подключён к гнезду X9 (см. рис. 1). Подстроечным резистором R36 установите стрелку микроамперметра на конечную отметку его шкалы.

После этого восстановите подключение резистора R31 и переведите переключатель пределов измерения в положение "1 мВ". Вход пробника A2 замкните накоротко. При включённом приборе проверьте постоянное напряжение на выходе ОУ DA3.2 относительно общего провода. Резистором R14 добейтесь напряжения 0 В с точностью до ±1 мВ.

Далее подайте на вход пробника от генератора синусоидального сигнала с калиброванным выходом напряжение 1 мВэфф частотой 1000 Гц. Подстроечным резистором R37 установите стрелку микроамперметра на последнюю отметку шкалы 10 мВ. Эту операцию необходимо повторить при всех остальных положениях переключателя SA1, подавая на вход пробника напряжение, соответствующее установленному пределу измерения, и пользуясь подстроечными резисторами R38—R42. При калибровке пределов измерения, кратных трём, устанавливайте стрелку микроамперметра на отметку 30 шкалы 30 В.

Работа с прибором

Сетевую вилку прибора необходимо включать в розетку с третьим заземляющим контактом. Продолжительность установления рабочего режима — не более 15 мин после замыкания выключателя 5SA1.

При работе с пробником без предварительного делителя напряжения постоянная составляющая измеряемого напряжения не должна превышать 150 В, с подключённым делителем — 300 В. При этом сумма амплитуды измеряемого переменного напряжения и абсолютного значения его постоянной составляющей не должна быть более 500 В.

При работе без пробника прибор имеет входное сопротивление 50 Ом, поэтому необходимо вносить в результаты измерения поправки, учитывающие выходное сопротивление источника сигнала, а также КСВ и потери в соединительном кабеле. Необходимо учитывать, что прибор без пробника имеет открытый для постоянного напряжения вход. При необходимости можно использовать разделительный конденсатор, выдерживающий соответствующее напряжение. Мгновенное значение напряжения любой полярности на входе без пробника не должно превышать 1,25 В.

Работа прибора при измерении напряжения произвольной формы частотой до 25 МГц проверена с помощью генератора АКИП3409/4. Форма сигнала

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru
РАДИО № 5, 2019

при этом была синусоидальной, треугольной, пилообразной и прямоугольными импульсами с коэффициентом заполнения 0,1...0,5.

Работа прибора при измерении напряжения синусоидальной формы частотой до 100 МГц проверена с помощью генератора СГ-1, нагруженного резистором сопротивлением 100 Ом. В **таблице** приведены результаты определения относительной погрешности измерения напряжения сигнала синусоидальной формы с различной частотой, выраженной в процентах от установленного предела измерения. В качестве образцового был использован милливольтметр В7-26.

Частота	Погрешность , %, при измерении напряжения, мВ					
	1	3	10	30	100	300
10 Гц	0	0	0	0	0	0
1 кГц	0	0	0	0	0	0
10 кГц	0	0	0	0	0	0
100 кГц	0	0	0	0	0	0
1 МГц	0,02	0,02	0	0,02	0,02	0,02
10 МГц	–0,15	–0,06	–0,18	–0,10	–0,10	–0,10
20 МГц	–0,58	–0,22	–0,56	–0,39	–0,42	–0,42
30 МГц	–1,10	–0,28	–0,95	–0,66	–0,72	–0,74
40 МГц	–1,49	–0,09	–1,14	–0,71	–0,81	–0,83
50 МГц	–1,63	0,40	–0,97	–0,39	–0,54	–0,58
60 МГц	–1,45	1,22	–0,26	0,53	0,32	0,26
70 МГц	–1,31	1,57	0,40	1,38	1,15	1,09
80 МГц	–1,23	1,74	1,09	2,06	1,85	1,79
90 МГц	–1,12	1,86	1,63	2,25	2,12	2,08
100 МГц	–0,95	2,00	2,00	2,30	2,13	2,10

ЛИТЕРАТУРА

1. **Попов В. С., Желбаков И. Н.** Измерение среднеквадратичного значения напряжения. — М.: Энергоатомиздат, 1987.

2. **Гуревич М.** Преобразователи сигналов для СВЧ-вольтметров и ваттметров. — Электроника: НТБ, 2007, № 4, с. 22—28.

3. **Коломбет Е. А.** Таймеры. — М.: Радио и связь, 1983.

***От редакции.** По адресу **http://ftp.radio.ru/pub/2019/05/mv.zip** имеются файлы печатных плат прибора в формате Sprint Layout 6.0.*

ОБМЕН ОПЫТОМ

Адаптер для проверки мультиметром транзисторов с короткими выводами

А. АКСЕЛЬ, г. Балашиха Московской обл.

Измерять коэффициент передачи тока базы транзисторов цифровыми мультиметрами популярных моделей практически невозможно, если длина выводов этих транзисторов недостаточна, чтобы вставить их в гнёзда розетки прибора. Но сегодня радиолюбители зачастую используют в своих конструкциях именно такие транзисторы. Например, предназначенные для поверхностного монтажа или выпаянные из старых печатных плат. А ведь последние особенно нуждаются в проверке.

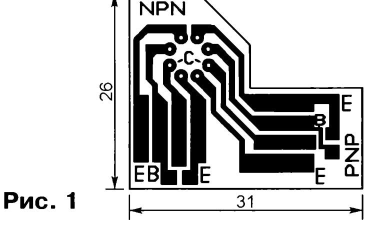


Рис. 1

Рис. 2

Предлагаю устраняющие этот недостаток адаптеры, вставляемые в розетку мультиметра. Они имеют небольшие размеры, благодаря чему нет необходимости извлекать их после каждого использования. На **рис. 1** изображена плата адаптера для мультиметров серии D-83x, а на **рис. 2** — серии M-890x. Они показаны со стороны печатных проводников. Для изготовления плат методом термопереноса рисунка на фольгу приведённые изображения нужно отобразить зеркально.

Все печатные проводники необходимо залудить, а в отверстия впаять отрезки неизолированных жёстких проводов диаметром 0,5 мм (например, выводов ненужных радиодеталей), которые послужат штырями, вставляемыми в гнёзда розетки мультиметра. Со стороны платы, противоположной печатным проводникам, они должны выступать на глубину гнёзд розетки.

Поскольку розетка немного возвышается над поверхностью корпуса прибора, зазор между платой адаптера и этой поверхностью нужно устранить. Для этого следует наклеить на нижнюю поверхность платы прокладки из тонкого картона, бумаги или другого изоляционного материала, оставив свободным место для розетки.

Рекомендую впаивать штыри в следующем порядке. При этом мультиметр должен быть выключен. Через отверстия в плате вставьте два заготовленных отрезка-штыря в диаметрально противоположные гнёзда розетки до упора. Плотно прижмите плату к розетке. Концы штырей одинаковой длины должны выступать над поверхностью платы одинаково, приблизительно на 5 мм. В противном случае выступающий сильнее штырь не вошёл в гнездо на всю его глубину. Причиной этого может быть засорённость или неисправность гнезда.

Припаяйте оба штыря к соответствующим контактным площадкам. После этого вставьте и припаяйте остальные штыри. Выступающие над пайками части штырей обрежьте кусачками. Промойте плату от остатков флюса растворителем и убедитесь в отсутствии на ней замыканий между печатными проводниками.

На время проверки транзистора его выводы прижимают к контактным площадкам адаптера, выбранным с учётом структуры транзистора (n-p-n или p-n-p) и назначения его выводов. Предусмотрены контактные площадки и для транзисторов в корпусах SOT-23 и SOT-323 для поверхностного монтажа.

***От редакции.** Файлы печатных плат адаптеров в формате Sprint Layout 5.0 имеются по адресу **http://ftp.radio.ru/pub/2019/05/adapter.zip** на нашем FTP-сервере.*

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Измеритель ёмкости конденсаторов на микроконтроллере

Н. САЛИМОВ, г. Ревда Свердловской обл.

Описываемый в статье прибор позволяет быстро и с приемлемой точностью измерять ёмкость оксидных конденсаторов. Использованный в нём метод измерения ёмкости основан на зарядке конденсатора стабильным током до заданного напряжения. В течение зарядки идёт счёт импульсов известной частоты. Ток зарядки подобран так, что число, накопленное счётчиком к моменту завершения счёта, равно ёмкости конденсатора в микрофарадах.

Интервал измеряемой прибором ёмкости — 1...99999 мкФ, погрешность измерения не превышает 10 %. Питают его от трёх гальванических элементов типоразмера АА или от стабилизированного сетевого источника с выходным напряжением 5 В. Потребляемый ток — 55 мА с включённой подсветкой индикатора, без неё он не превышает 17 мА. При сработавшем реле ток возрастает до 95 мА.

Схема измерителя ёмкости показана на **рис. 1**. Проверяемый конденсатор подключают к зажимам "C_x". Если в нём имеется остаточный заряд, происходит разрядка конденсатора через резисторы R2 и R3. По команде микроконтроллера DD1 электромагнитное реле K1 своими контактами переключает конденсатор из режима разрядки в режим измерения ёмкости. Микроконтроллер управляет реле с помощью ключа на транзисторе VT4.

На транзисторах VT1 и VT2 реализован источник тока зарядки конденсатора, изменяют этот ток подстроечным резистором R5. Пороговым устройством служит встроенный в микроконтроллер аналоговый компаратор, работающий с образцовым напряжением 1,11 В. Полевой транзистор VT3, закрывшись по команде микроконтроллера, разрешает зарядку измеряемого конденсатора от источника тока. Тактовая частота микроконтроллера и, следовательно, частота вырабатываемых им счётных импульсов стабилизирована кварцевым резонатором ZQ1. Результат измерения микроконтроллер выводит на ЖКИ HG1.

Чертёж печатной платы прибора изображён на **рис. 2**. Она рассчитана на установку выводных постоянных резисторов мощностью 0,25 Вт и подстроечного резистора 3266W1-1-101LF. Оксидный конденсатор C1 — К50-35, керамические конденсаторы C2, C5 — К10-17, C3 и C4 — типоразмера 1206 для поверхностного монтажа. Реле — HK4100F-5VDC-SHG с сопротивлением обмотки 125 Ом.

После включения питания обмотка реле K1 обесточена, транзистор VT3 открыт. Программа периодически проверяет состояние кнопки SB1. При нажатии на неё на ЖКИ появляется сообщение "Разр. C_x", следует пауза длительностью 3 с, после чего начинает работать подпрограмма измерения ёмкости конденсатора. Подав команду на включение реле, она выдерживает

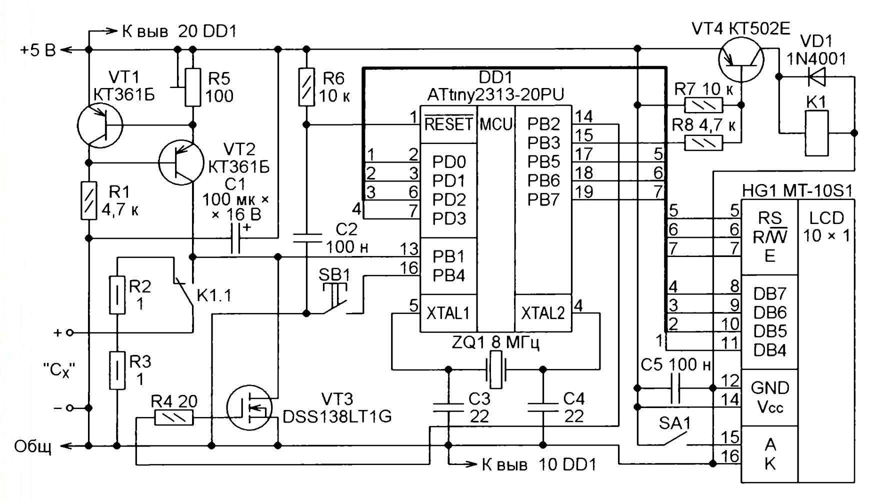
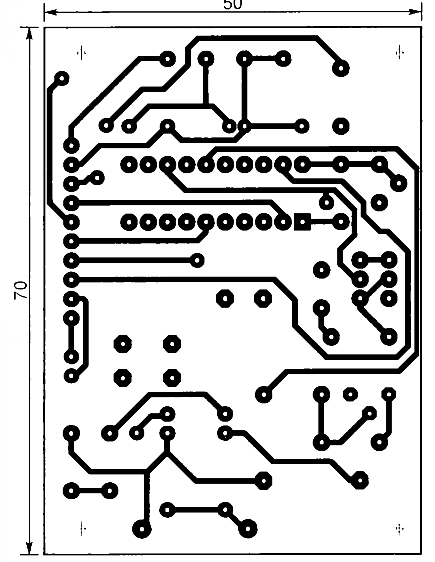
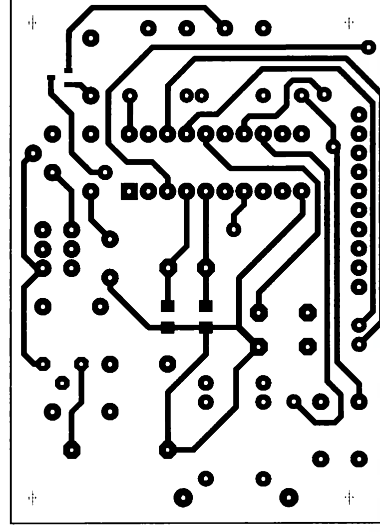


Рис. 1





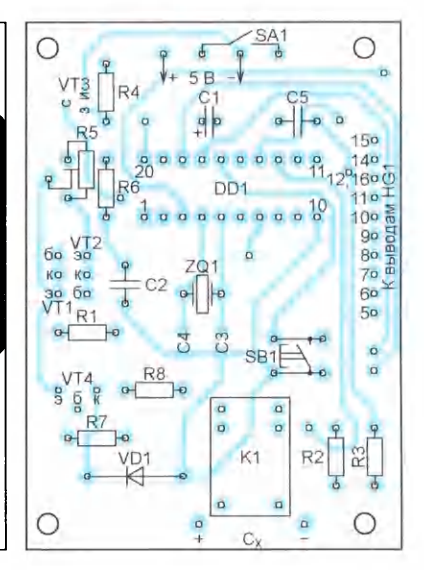


Рис. 2

паузу на время дребезга его контактов, после чего закрывает транзистор VT3 и запускает в микроконтроллере таймер T1. Тактовая частота этого таймера установлена равной 1 МГц. При каждом его переполнении содержимое ячеек памяти, в которых организован счётчик импульсов, увеличивается на единицу.

Запустив таймер, подпрограмма периодически проверяет состояние

Разряд	Сост.	Разряд	Сост.
DWEN	1	CKDIV8	1
EESAVE	1	CKOUT	1
SPIEN	0	SUT1	1
WDTON	1	SUT0	0
BODLEVEL2	1	CKSEL3	1
BODLEVEL1	1	CKSEL2	1
BODLEVEL0	1	CKSEL1	1
RSTDISBL	1	CKSEL0	1

1 – не запрограммировано;
0 – запрограммировано.

выхода ACO компаратора. При его нулевом значении (компаратор сработал) она останавливает таймер, открывает транзистор VT3 и подаёт реле K1 команду на отпускание. Далее содержимое счётного регистра таймера и организованного в памяти счётчика копируется в промежуточные регистры и после преобразования в двоично-десятичный формат выводится на ЖКИ. При этом два младших десятичных разряда числа программа отбрасывает, а незначащие нули гасит.

После обнуления счётчика программа снова ожидает нажатия на кнопку SB1, которое запустит следующее измерение. Конфигурация микроконтроллера приведена в **таблице**.

Готовый прибор калибруют по конденсатору известной ёмкости, находящейся в пределах 100...1000 мкФ. Подключив этот конденсатор к зажимам "C_x", устанавливают с помощью подстроечного резистора R5 на ЖКИ значение, равное ёмкости образцового конденсатора.

Временно отключив сток транзистора VT3 и подключив миллиамперметр между входом PB1 микроконтроллера и общим проводом, можно измерить зарядный ток конденсатора. Его ориентировочное значение — 10...11 мА. К сожалению, этот ток зависит от напряжения питания прибора и изменяется в процессе измерения по мере зарядки конденсатора. Именно это вносит основную погрешность в результаты измерения. Однако построить более стабильный источник зарядного тока, не повышая значительно напряжение питания, не представилось возможным.

***От редакции**. Файл печатной платы в формате DipTrace и программа микроконтроллера имеются по адресу **http://ftp.radio.ru/2019/05/c-meter.zip** на нашем сервере.*

Активная встраиваемая АС для компьютера

А. БУТОВ, с. Курба Ярославской обл.

Персональные компьютеры (ПК), используемые нечасто или для узкого круга задач, не обязательно оснащать полнофункциональным усилителем мощности с акустическими системами. Для таких случаев можно изготовить несложный усилитель мощности звуковой частоты (УМЗЧ), который вместе с динамической головкой можно разместить в системном блоке ПК.

Для различных экспериментальных целей на основе системной платы Asus P5G41-MLX был собран компьютер, имеющий современные интерфейсы для подключения периферийного оборудования и неплохую производительность. Системная плата также содержит устаревшие интегрированные COM и LPT-порты, что позволяет использовать такой компьютер для работы с различным самодельным и промышленным оборудованием, использующим такие интерфейсы. В ПК на основе такой системной платы реализованы различные технологии энергосбережения, что позволяет экономить электроэнергию при длительных процессах, например, при тестировании жёстких дисков, которое может длиться много суток. Поскольку в месте установки этого ПК имелся дефицит пространства, было решено оснастить его активной АС, встроенной в корпус компьютера. Такое решение встречается в некоторых системных блоках ПК промышленного изготовления, когда изготовленные на заказ системные платы содержат интегрированный УМЗЧ.

Схема активной АС показана на **рис. 1**. На штекер XP1 поступает звуковой сигнал от гнезда для подключения системной динамической головки PC-Speaker. На штекер XP2 поступает стереосигнал с выхода звуковой карты ПК. Воспроизведение сигналов PC-Speaker через УМЗЧ и подключённую к нему динамическую головку позволяет получить относительно громкий и качественный звук, что весьма актуально, если для работы ПК не используется многозадачная операционная система или используемая программа не может воспроизводить звук через звуковую карту. Также некоторые современные звуковые карты не могут программно или аппаратно микшировать звуки системной динамической головки с другими обрабатываемыми звуками или звуковым потоком. Кроме того, используемая ОС может не иметь установленных драйверов для звуковой карты. Громкость системных звуков регулируют подстроечным резистором R5. Резистор R1 — нагрузочный, он установлен взамен системной динамической головки или звукового капсюля. Учтите, что в некоторых системных платах второй контакт для подключения системной динамической головки может быть соединён не с линией питания +5 В, а с общим проводом.

Усилитель изготовлен на основе интегральной микросхемы AN5265 производства фирмы Panasonic, представляющей собой одноканальный УМЗЧ с однополярным питанием, электронной регулировкой громкости, выходной мощностью до 2,3 Вт на нагрузке сопротивлением 16 Ом, максимальная рассеиваемая мощность микросхемы — 1,6 Вт. Такие и аналогичные микросхемы ранее широко применялись в кинескопных телевизорах. Через разделительный конденсатор C5 смикшированные звуковые сигналы поступают на неинвертирующий вход (вывод 2) УМЗЧ DA1. Коэффициент усиления микросхемы по напряжению зависит от соотношения сопротивлений резисторов R11/R10 в цепи ООС, а также от постоянного напряжения на выводе 4. Громкость регулируют переменным резистором R7. Узел регулятора громкости питается стабильным напряжением +10...11 В от параметрического стабилизатора на элементах R9, C1, VD1. Резистор R8 позволяет сделать регулировку громкости более плавной. Без него значительная часть регулировочного участка переменного резистора R7 в нижнем по схеме положении подвижного контакта приходится на нулевую громкость. Подборкой резистора устанавливают минимальную громкость. Конденсатор C3 подавляет на входе УМЗЧ радиочастотные сигналы.

К выходу микросхемы DA1 через разделительные конденсаторы C14, C15 и дроссели L2, L3 подключена динамическая головка BA1. Питание микросхемы пониженным напряжением позволило подключить к её выходу динамик с сопротивлением катушки 8 Ом вместо относительно дефицитных головок с сопротивлением 16 Ом. Микросхема AN5265 сохраняет работоспособность при снижении напряжения питания до 6,5 В. Дроссели L2, L3 снижают чувствительность УМЗЧ к внешним помехам. Цепь C13R12 повышает устойчивость работы УМЗЧ на ультразвуковых частотах. Микросхема DA1 питается напряжением +12 В постоянного тока от БП компьютера через LC-фильтр L1C8—C11C16. Максимальная амплитуда сигнала ЗЧ на динамической головке BA1 — около 10,5 В, максимальная выходная мощность неискажённого музыкального сигнала — 0,7 Вт при потребляемом токе 0,16 А. Ток покоя усилителя — 40 мА.

Кроме переменного резистора R7, динамической головки и вилки XP3, все детали конструкции установлены на плате размерами 87×54 мм, монтаж — двухсторонний навесной (**рис. 2**). Был применён малогабаритный переменный резистор от регулятора громкости старого компьютерного CD-привода.

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Рис. 1

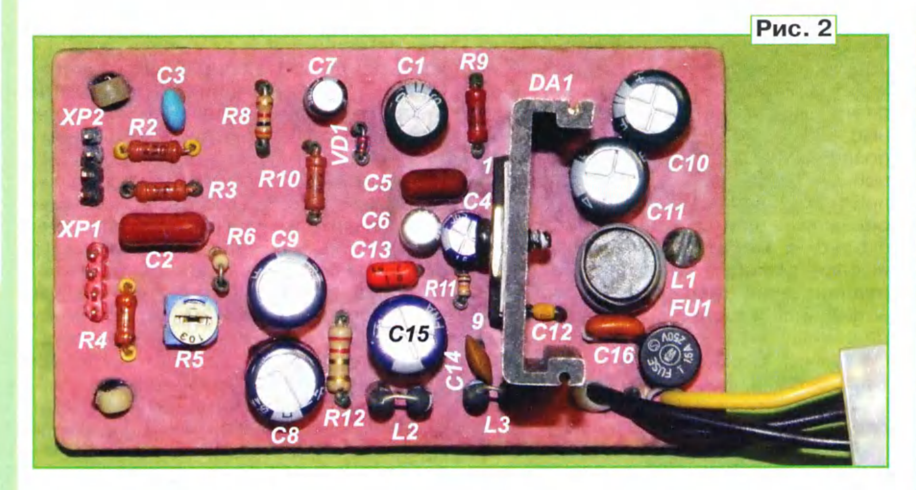


Рис. 2

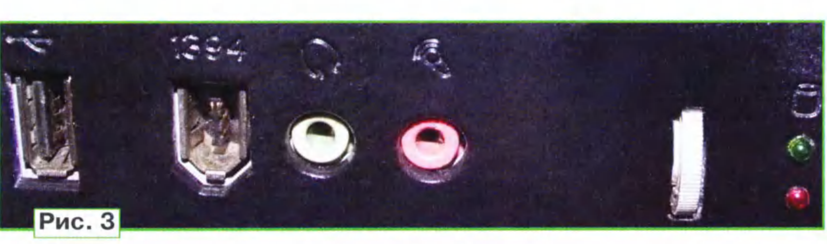


Рис. 3


Рис. 4

Обе секции резистора соединены параллельно. Установлен резистор на передней панели корпуса ПК рядом с аудиогнёздами (**рис. 3**) так, чтобы его регулировочное колесо выступало наружу на 1...2 мм. Подойдёт любой аналогичный резистор сопротивлением 4,7...100 кОм. Подстроечный резистор — импортный малогабаритный или, например, СП3-19, РП1-63М. Постоянные резисторы — общего применения, например, С1-14, С2-14, МЛТ. Конденсаторы С2, С5 — плёночные, остальные неполярные — керамические, например, К10-17, К10-50. Оксидные конденсаторы — импортные малогабаритные. Вместо четырёх блокировочных конденсаторов С8—С11 ёмкостью по 470 мкФ можно установить два ёмкостью по 1000 мкФ. Один из этих конденсаторов непосредственно подключают к выводу 1 микросхемы DA1, остальные — к выводу 9. Соединения должны быть как можно короче.

Стабилитрон 1N4698 можно заменить стабилитроном BZV55-C11, КС211Ц, 2С211Ц. Микросхема AN5265 установлена на алюминиевый теплоотвод размерами 55×40×2,5 мм. Следует учесть, что теплоотводящий фланец микросхемы электрически связан с выводом 7, и его надо обязательно соединить с общим проводом. Температура корпуса микросхемы при максимальной громкости с таким теплоотводом не превышает 20 °С относительно окружающей среды. Дроссель L1 — промышленного изготовления, он намотан на Н-образном ферритовом магнитопроводе. Его внешний диаметр — 10 мм, высота — 16 мм. Подойдёт любой аналогичный с сопротивлением обмотки не более 0,2 Ом и индуктивностью не менее чем указано на схеме. Дроссели L2, L3 — проволочные перемычки, на которые надеты по две ферритовые трубки длиной 10 мм и внешним диаметром 3 мм.

Динамическая головка — широкополосная VA3002C, сопротивление катушки — 8 Ом, мощность — 7 Вт. Подойдёт

любая аналогичная сопротивлением 8...16 Ом, мощностью не менее 3 Вт. Чем больше размеры диффузора, тем лучше. Магнитная система должна быть обязательно экранированной. Установлена головка внизу на передней стенке металлического шасси ПК. К диффузородержателю приклеена дополнительная прокладка толщиной 3 мм, предотвращающая биение мембраны о шасси. Для уменьшения эффекта акустического короткого замыкания ближайшие к динамической головке круглые вентиляционные отверстия заклеены липкой лентой. Металлическая перфорированная заглушка на шасси, напротив диффузора динамика, удалена. Размещение модуля УМЗЧ в корпусе ПК показано на **рис. 4**.

Вилка ХР2 была подключена к выходному гнезду (зелёного цвета) для подключения головных телефонов, расположенному на передней панели ПК. На соединительном проводе уже имелось установленное изготовителем mATX-корпуса дополнительное гнездо. Разные операционные системы, различные звуковые карты, различное ПО по-разному управляют выводом сигналов на несколько выходов звуковой платы. Например, в Debian 9.4 можно включать или выключать вывод звука на оба выхода в любой комбинации. В используемой Windows такая возможность отсутствовала, звуковые сигналы всегда поступают на оба выхода звуковой платы.

Если при работе УМЗЧ при максимальной громкости будут прослушиваться заметные помехи, общий провод штекера ХР3 не подключают, а общий провод УМЗЧ подключают к одному из крепёжных винтов системной платы, расположенному как можно ближе к задней панели с аудиогнёздами или как можно ближе к гнезду для подключения передней аудиопанели. Провод должен быть как можно короче с сечением не менее 2,5 мм^2. Если такое решение не даст желаемого результата, на вход УМЗЧ следует установить согласующий трансформатор, например, от старого транзисторного радиоприёмника "Альпинист". Первичную обмотку подключают параллельно конденсатору С3, вторичную — к конденсатору С5 и общему проводу УМЗЧ. Соединение между конденсаторами С3 и С5 должно быть удалено, сопротивление резисторов R2 и R3 должно быть 51...100 Ом. Если уровень воспроизводимых динамической головкой помех не выделяется на фоне работающих в корпусе ПК вентиляторов, их можно проигнорировать. Для установки уровня системного сигнала с помощью подстроечного резистора R5 перед включением можно вынуть из системной платы все модули оперативной памяти, поэтому при включении ПК он будет сигнализировать о неисправности непрерывными чередующимися сигналами. Подборкой резистора R10 можно установить минимально необходимое усиление DA1, избыток усиления повышает чувствительность УМЗЧ к помехам. ■

Микросхема РТ4515 и микромощные сетевые бестрансформаторные ИП на её основе



И. НЕЧАЕВ, г. Москва

Автор предлагает три варианта сетевых бестрансформаторных микромощных источников питания с выходным током единицы—десятки миллиампер на основе микросхемы РТ4515, которая широко применяется в светодиодных лампах.

Для управления симисторами, тринисторами, полевыми транзисторами и т. п., коммутирующими мощную сетевую нагрузку — электронагреватели и различную радиоэлектронную аппаратуру, широко используют маломощные узлы на транзисторах и микросхемах, в том числе и на микроконтроллерах. Нередко для питания этих узлов применяют бестрансформаторные источники питания (ИП) на основе балластного конденсатора или резистора.

При потребляемом токе до 5 мА вполне подходящим может быть ИП на основе балластного резистора. Такого тока в большинстве случаев вполне достаточно для питания микросхем и оптопары, например МОС3063.

По сравнению с ИП с балластным конденсатором, очевидный недостаток ИП с балластным резистором — рассеивание на нём мощности около одного ватта. Но есть и очевидное преимущество — пусковой ток примерно равен номинальному выходному току, в отличие от ИП с конденсатором, выходной ток которого зависит от ёмкости балластного конденсатора, а пусковой ток может существенно превышать его. Это заставляет, во-первых, устанавливать дополнительный токоограничивающий резистор, на котором в ряде случаев может рассеиваться значительная мощность. Во-вторых, конденсатор должен быть "с запасом", поскольку его пробой может привести к неприятным последствиям. Резистор в этом смысле более надёжен.

Параметры ИП с балластным резистором можно существенно улучшить, если дополнить его микросхемой РТ4515 — высоковольтным стабилизатором тока. В последнее время эту микросхему широко применяют в светодиодных лампах небольшой мощности по своему прямому назначению как стабилизатор тока. Одна из таких ламп — торговой марки Gauss мощностью 10 Вт. Почти все её элементы установлены на алюминиевой печатной плате-теплоотводе, а в цоколе размещён только защитный резистор.

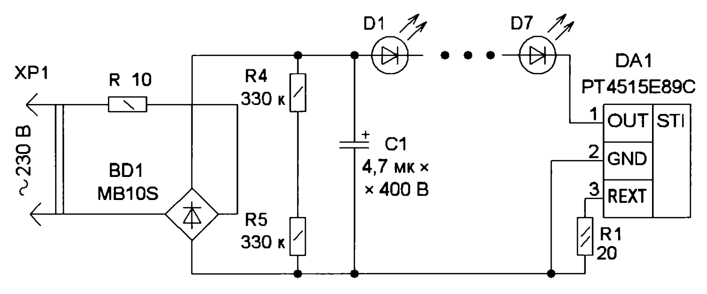


Рис. 1

Схема лампы показана на **рис. 1**. Как видно, она очень проста. Диодный мост BD1 выпрямляет сетевое напряжение, конденсатор С1 сглаживает пульсации. Защитный резистор R ограничивает ток зарядки конденсатора и выполняет функцию предохранителя. На микросхеме DA1 собран стабилизатор тока, последовательно с ним включены светодиоды. Их число зависит от их параметров. В данном случае светодиодов всего семь, поскольку у каждого номинальное напряжение около 35 В. В результате большая часть выпрямленного напряжения (примерно 250 В) падает на светодиодах. На микросхеме падает 50...60 В. Она заметно нагревается и поэтому установлена на плату, выполняющую функцию теплоотвода. Ток стабилизации установлен резистором R1 в соответствии с формулой $I_{out} = 0,6/R1$.

Вследствие применения стабилизатора тока через светодиоды протекает

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

фиксированный ток, исключены его броски и пульсации. Но следует отметить, что последнее справедливо только в том случае, если в лампе установлен конденсатор С1. Дело в том, что в некоторых дешёвых моделях светодиодных ламп на основе этой микросхемы сглаживающий конденсатор может отсутствовать. В этом случае пульсации тока, а значит, и светового потока будут весьма большие.

Теперь несколько слов о самой микросхеме РТ4515, структурная схема которой показана на **рис. 2**. Она содержит высоковольтный полевой транзис-

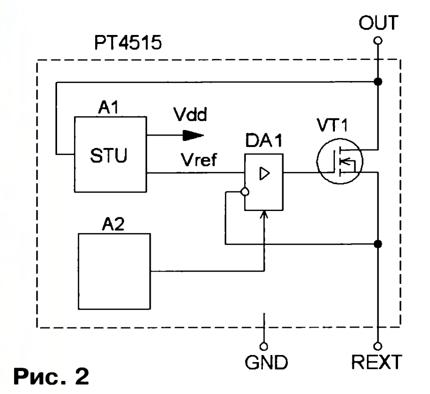


Рис. 2

тор VT1, усилитель постоянного тока DA1, узел питания (стабилизатор напряжения) A1 и узел защиты от перегрева и высокого напряжения в режиме стабилизации тока A2. Узел питания A1 формирует напряжение для питания остальных элементов и образцовое напряжение для усилителя DA1, который сравнивает его с напряжением на выводе REXT, к которому подключают внешний токозадающий резистор. В зависимости от напряжения на токозадающем резисторе ОУ открывает или закрывает полевой транзистор, поддерживая ток стока стабильным. Выпускают эту микросхему в корпусах TO252, SOT89, CPC4 и ESOP8, от типа корпуса зависят тепловое сопротивление и максимальная рассеиваемая мощность (без теплоотвода).

Эту микросхему выпускают с обозначениями РТ4515 [1] и РТ4515С [2]. Параметры этих модификаций несколько различаются. Кроме того, их производят в разных корпусах. Судя по измеренному напряжению на выводе REXT, можно предположить, что в микромощных ИП была применена микросхема РТ4515С.

Основные технические параметры

Максимальное напряжение на выходе ($V_{out\ max}$), В 450
Минимальное напряжение на выходе ($V_{out\ min}$), В 6,5
Собственный ток потребления (I_{dd}), мкА ....90...250
Интервал установки выходного тока (I_{out}), мА ....5...60
Номинальное напряжение на входе/выходе REXT (V_{rext}), мВ ....582...618

Если в такой или подобной светодиодной лампе вышли из строя один или несколько светодиодов, а это типичная ситуация, и ремонтировать её нецелесообразно, исправные "остатки" можно использовать для изготовления небольшого по размерам и имеющего неплохие параметры сетевого ИП. Пригодятся диодный мост, оксидный конденсатор и микросхема. Для этого следует вынуть из цоколя алюминиевую плату, на которой установлены элементы, нагреть её с нижней стороны (паяльником, феном или утюгом), а когда припой расплавится, аккуратно и быстро снять все элементы. Исправные светодиоды могут пригодиться для ремонта аналогичных ламп.

Схема первого варианта ИП показана на **рис. 3**. Сетевое напряжение выпрямляет диодный мост VD1, конденсатор С1 сглаживает пульсации выпрямленного напряжения. Чтобы уменьшить мощность, рассеиваемую на микросхеме стабилизатора тока, последовательно с ним включены токоограничивающие резисторы R1 и R2. Их ориентировочное суммарное сопротивление R (в омах) можно определить по формуле $R = (U_C - U_{DA1} - U_{вых})/I_н$, где U_C — напряжение сети, В; U_{DA1} — напряжение на микросхеме (50...60 В); $U_{вых}$ — выходное напряжение, В; $I_н$ — ток нагрузки, А.

Поскольку конденсатор С1 подключён к мосту через резистор R1, ток его зарядки ограничен и поэтому большого броска тока при подключении этого ИП к сети не будет. Стабилизированный ток перераспределяется между стабилитроном VD2, который задаёт выходное напряжение, и нагрузкой. Ток нагрузки не должен превышать 4 мА, поскольку 1 мА — минимальный ток стабилизации стабилитрона.

У этого ИП есть определённые достоинства, повышающие надёжность его работы. Отсутствует большой бросок тока при зарядке конденсатора С1. Этот конденсатор заряжается не до амплитудного значения сетевого напряжения, а существенно меньше. При пробое конденсатора просто увеличится ток, потребляемый от сети, и соответственно разогрев резистора R1. Поэтому на его месте лучше применить резистор с запасом по мощности рассеяния. Пробой полевого транзистора в микросхеме приведёт лишь к ухудшению стабильности выходного напряжения, росту пульсаций и помех. Поскольку любой из выходов ИП соединён с сетью 230 В через резистор, в данном случае 20 кОм, это уменьшает вероятность поражения током при прикосновении к выходным цепям ИП. Недостаток уже отмечен ранее — повышенный разогрев элементов.

Чертёж печатной платы первого варианта ИП показан на **рис. 4**. Изготовлена она из фольгированного с одной стороны стеклотекстолита толщиной 1,5...2 мм. Каждый из резисторов R1 и R2 составлен из шести для поверхностного монтажа типоразмера 1206 сопротивлением 30 кОм и мощностью 0,25 Вт, которые включены последовательно-параллельно. Конденсатор С1 — оксидный для поверхностного монтажа, конденсатор С2 — К10-17

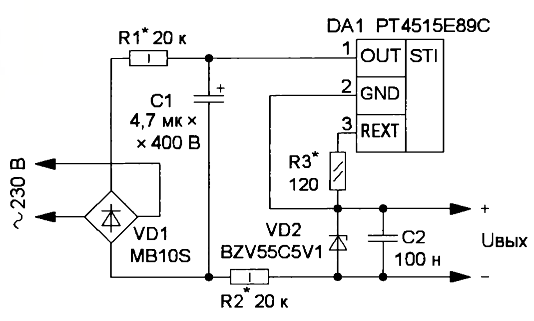


Рис. 3

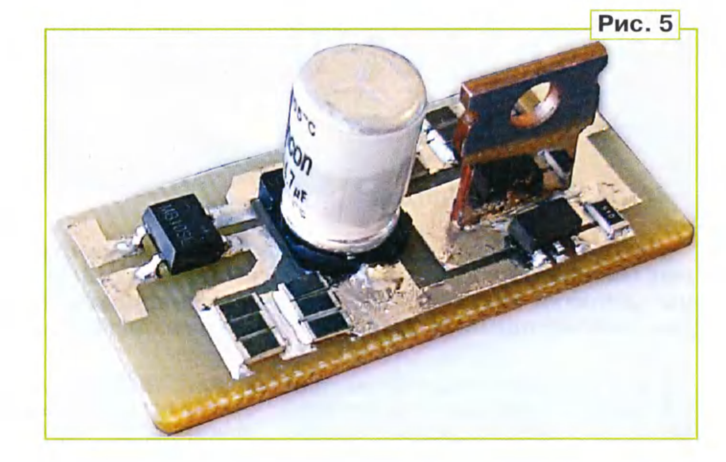


Рис. 5

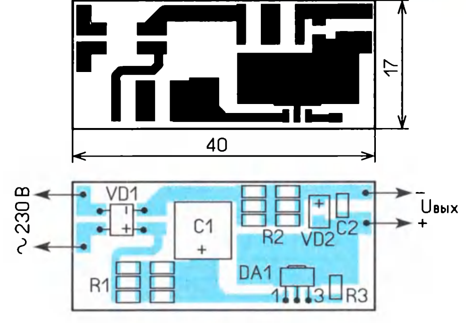


Рис. 4

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

типоразмера 1206. Стабилитрон может быть любой малогабаритный на напряжение 3,3...30 В, при этом никаких других изменений делать не надо. Металлизированный участок платы, на который припаяна микросхема DA1, выполняет функцию теплоотвода. Но его недостаточно, поэтому рядом с микросхемой припаян дополнительный теплоотвод, в качестве которого использован медный фланец от неисправного транзистора или микросхемы в корпусе TO220.

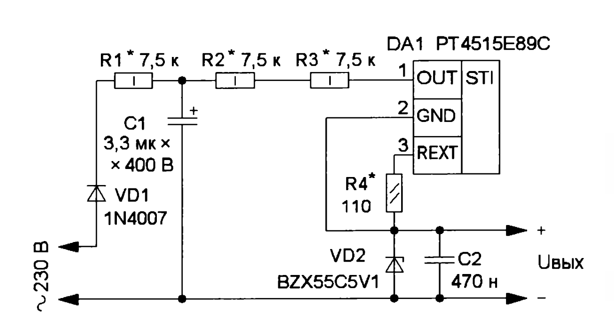


Рис. 6

Налаживание сводится к установке тока стабилизации с помощью резистора R3 в соответствии с приведённым выше выражением. Токоограничивающие резисторы R1 и R2 подбирают так, чтобы при номинальном напряжении сети на микросхеме было постоянное напряжение 50...60 В.

В этом ИП с указанными на схеме номиналами размах напряжения пульсаций на микросхеме DA1 — 20 В при постоянном напряжении на ней около 60 В. Пульсаций на выходе не наблюдалось совсем. Если заменить микросхему резистором, размах напряжения пульсаций на выходе — 15 мВ. Внешний вид смонтированной платы показан на **рис. 5**.

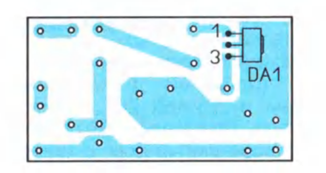
В некоторых случаях требуется, чтобы один из выходов бестрансформаторного ИП был непосредственно соединён с одним из сетевых проводов. В таком случае подойдёт второй вариант ИП с однополупериодным выпрямителем, схема которого показана на **рис. 6**. Здесь применены три последовательно включённых токоограничивающих резистора R1—R3. Устройство работает аналогично.

Чертёж печатной платы показан на **рис. 7**. Для её изготовления использован фольгированный с одной стороны стеклотекстолит толщиной 1,5...2 мм. Применены выводные детали. Оксидный конденсатор — импортный от сетевой светодиодной лампы, конденсатор C2 — керамический, плёночный или оксидный, который следует подключать с соблюдением полярности, его ёмкость может быть большой, до нескольких сотен микрофарад. Резисторы — C2-23, МЛТ, стабилитрон — любой маломощный выводной. На плату рядом с микросхемой следует припаять теплоотвод площадью два—три квадратных сантиметра, изготовленный из медной ленты толщиной не менее 0,5 мм.

Внешний вид смонтированной платы показан на **рис. 8**. Налаживание проводят в последовательности, описанной выше.

Рис. 8





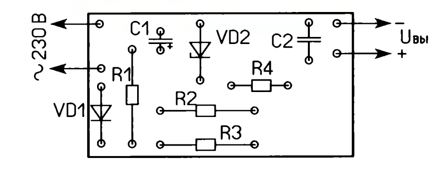


Рис. 7

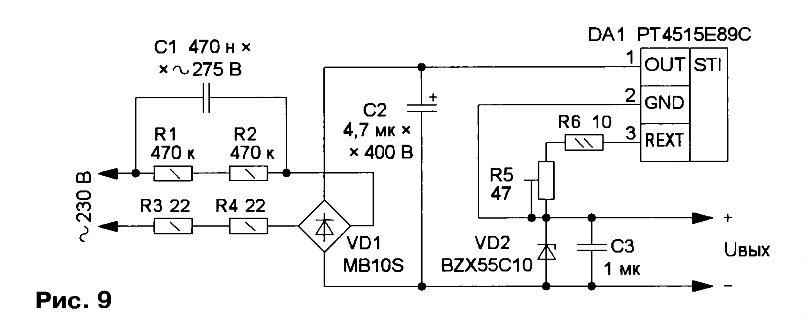


Рис. 9

При требуемом токе нагрузки более 5 мА для уменьшения разогрева ИП в качестве балластного элемента следует применить конденсатор. Однако в этом случае придётся согласовать ток, стабилизируемый микросхемой и задаваемый конденсатором. Дело в том, что в ИП с балластным резистором несложно подобрать его сопротивление, поскольку резисторы более доступны и выпускаются с большим рядом номиналов. Выбор номиналов высоковольтных конденсаторов ограничен, а их параллельное включение не всегда целесообразно.

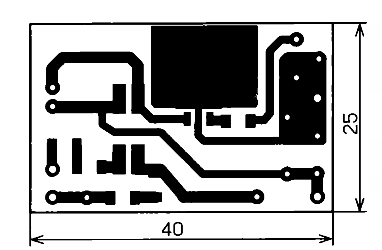
Поэтому сначала следует выбрать балластный конденсатор соответствующей ёмкости, а затем подобрать ток стабилизации микросхемы PT4515, для этого токозадающий резистор должен быть подстроечным. Для выбора ёмкости балластного конденсатора (в микрофарадах) следует воспользоваться соотношением

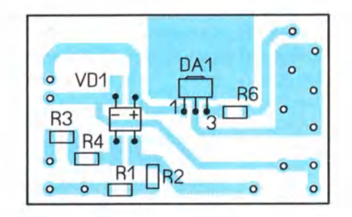
$$C = \frac{3200 \cdot I_н}{\sqrt{U_C^2 - (U_{DA1} + U_{ВЫХ})^2}},$$

где U_C — напряжение сети, В; U_{DA1} — напряжение на микросхеме, В; $U_{ВЫХ}$ — выходное напряжение ИП, В; $I_н$ — максимальный ток нагрузки, А.

Например, для U_{DA1} = 50 В, $U_{ВЫХ}$ = 10 В, $I_н$ = 30 мА расчётная ёмкость конденсатора C = 0,432 мкФ. Следует выбрать ближайший номинал в большую сторону, т. е. C = 0,47 мкФ. Сопротивление токозадающего резистора должно быть R = 0,6/$I_н$ = 0,6/0,03 = 20 Ом. При выборе тока нагрузки не следует забывать, что рассеиваемая микросхемой мощность ограничена и не должна превышать 1,5 Вт с хорошим теплоотводом.

В итоге схема варианта ИП с балластным конденсатором примет вид, показанный на **рис. 9**. Большая часть сетевого напряжения падает на балластном конденсаторе C1. Резисторы R3 и R4 ограничивают бросок тока при зарядке конденсатора, а резисторы R1 и R2 обеспечивают его разрядку после отключения сетевого напряжения. Остальные элементы выполняют те же функции, что и в ранее описанных ИП.





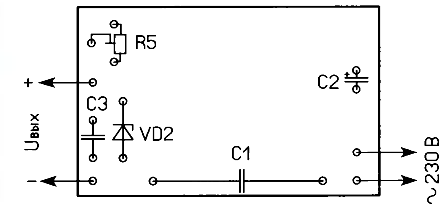


Рис. 10

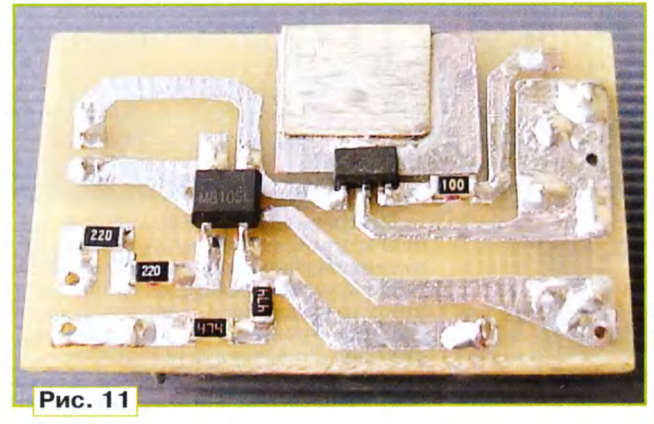


Рис. 11

Рис. 12

Достоинством такого ИП является повышенная надёжность, поскольку при пробое конденсатора С1 "удар" на себя примет микросхема DA1 и останется надеяться на её защиту от перегрева. Но следует отметить, что конденсатор С1 работает в более лёгком режиме, чем в ИП без микросхемы, поскольку напряжение на нём меньше.

Чертёж печатной платы для этого ИП показан на **рис. 10**. Применены постоянные резисторы для поверхностного монтажа типоразмера 1206, подстроечный резистор — СП3-19. Конденсатор С1 должен быть рассчитан на работу при переменном напряжении не менее 230 В, С2 — оксидный на напряжение не менее 400 В, С3 — плёночный или оксидный.

Микросхема снабжена теплоотводом, изготовленным из медной полосы толщиной 1 мм, шириной 10...14 мм и длиной 20...25 мм. Этот теплоотвод припаян к металлизированной площадке рядом с микросхемой (**рис. 11**) и затем загнут на краю платы рядом с конденсатором С1 (**рис. 12**).

Налаживание устройства сводится к установке резистором R5 расчётного постоянного напряжения на микросхеме.

Следует отметить, что функциональным аналогом микросхемы PT4515 является микросхема SM2082, но эксперименты с последней не проводились.

ЛИТЕРАТУРА

1. PT4515. — URL: **https://www.datasheetspdf.com/mobile-pdf/1227424/Powtech/PT4515.html** (26.03.19).

2. PT4515C. — URL: **https://datasheet.lcsc.com/szlcsc/PT4515CEESH_C126163.pdf** (26.03.19).

***От редакции**. Чертежи печатных плат в формате Sprint-Layout имеются по адресу **http://ftp.radio.ru/pub/2019/05/ip.zip** на нашем FTP-сервере.*

Лабораторный источник питания для налаживания УМЗЧ

Я. ТОКАРЕВ, г. Москва

В радиолюбительской практике нередки случаи выхода из строя мощного УМЗЧ в процессе его налаживания или ремонта. При этом, как правило, бывают повреждены самые дорогостоящие детали — мощные выходные транзисторы. Чтобы избежать таких последствий, необходим специализированный блок питания с комплексной защитой.

Большинство промышленных источников питания не пригодны для налаживания мощных УМЗЧ. Дело в том, что ток, потребляемый УМЗЧ, носит импульсный характер. Поэтому пиковый потребляемый ток может быть в несколько раз больше среднего. Кроме того, большинство современных УМЗЧ имеют двухполярное питание, которое, нужно заметить, следует подавать и снимать синхронно в обоих плечах. Нарушение этого условия может привести к выходу из строя питаемого устройства.

Блок питания должен обеспечивать минимальный уровень пульсаций и шумов выходного напряжения и не создавать высокочастотных помех, распространяющихся по цепям заземления. Особенно необходимо соблюдать эти условия при измерении крайне малых искажений, вносимых высококачественным УМЗЧ в воспроизводимый сигнал.

Собрать импульсный блок питания, который удовлетворял бы всем перечисленным выше требованиям, возможно, но стоимость и трудоёмкость его изготовления в единичном экземпляре окажутся выше, чем линейного блока.

Предлагаемый источник питания выполнен по схеме с малым падением напряжения на регулирующих транзисторах.

Основные технические характеристики

Выходное напряжение каждого канала, В . . . . .0...50

Кратковременный ток нагрузки*, А, не более 15
Долговременный ток нагрузки*, А, не более 5
Кратковременная выходная мощность*, Вт 1500
Долговременная выходная мощность*, Вт 500
Пульсации напряжения при токе нагрузки 5 А*, мВэфф, не более 1

---

*При максимальном выходном напряжении.

Прибор состоит из пяти блоков — сетевого А1, основного А2, УПТ канала плюсового напряжения А3.1, УПТ канала минусового напряжения А3.2, блока управления А4.

Сетевой блок А1

Схема этого блока изображена на **рис. 1**. Его монтаж — объёмный. Сетевое напряжение 230 В, 50 Гц с трёхконтактной розетки XS1 поступает через плавкие вставки FU1 и FU2 на выключатель SA1, а затем на два силовых трансформатора Т1 и Т2. Резистор R1 мощностью 50 Вт ограничивает бросок тока в первичных обмотках трансформаторов в момент включения. Затем по сигналу реле времени, находящегося в блоке А2, срабатывает реле K1, исключая резистор R1 из пути протекания сетевого тока. Демпфирующая цепь C1R2 снижает амплитуду выбросов ЭДС самоиндукции первичных обмоток трансформаторов.

Кнопочным выключателем SA2 управляют вентиляторами M1 и M2, предназначенными для обдува теплоотводов регулирующих транзисторов стабилизаторов напряжения. При незначительной токовой нагрузке на источник эти вентиляторы можно выключить. Вентиляторы с питанием непосредственно от сети были выбраны по соображениям уменьшения нагрузки на силовые трансформаторы.

Контакт PG (защитное заземление) розетки XS1 соединён с корпусом прибора, изолированным от общего провода блока питания. Высокоомные резисторы R3 и R4, включённые между цепью PG и общим проводом, предназначены для стекания статических зарядов.

Обратите внимание, что первичные обмотки силовых трансформаторов соединены встречно-параллельно. Это сделано для ослабления наводок на их вторичные обмотки помех, проникающих через межобмоточные ёмкости. Дело в том, что в трансформаторах с первичными обмотками, имеющими более одного слоя, сетевые наводки максимальны, если фазный провод сети идёт к верхнему слою первичной обмотки, непосредственно граничащему с вторичными обмотками.

В конструкции с двумя сетевыми трансформаторами без экранов между первичной и вторичными обмотками межобмоточные ёмкости суммируются, и наводки возрастают. Чтобы их уменьшить, первичные обмотки следует включить противофазно. В этом случае верхний слой хотя бы одной из них будет соединён с нейтральным проводом сети. Это правило не требуется соблюдать, если в трансформаторах между первичной и вторичными обмотками имеются заземлённые экраны.

С обмотки IV' трансформатора Т2 напряжение поступает на два выполненных на диодах моста VD1 однополупериодных выпрямителя с выходным напряжением разной полярности. Однополупериодное выпрямление было выбрано по двум соображениям. Во-первых, одну обмотку гораздо проще намотать поверх катушки фабричного трансформатора. Во-вторых, ток, потребляемый маломощными узлами прибора, весьма мал. Выпрямленное напряжение сглаживают фильтры C3R5C9 и C4R6C10.

С выхода маломощного выпрямителя двухполярное постоянное напряжение поступает на контактную колодку XT1, расположение и назначение контактов которой такие же, как у с соединяемой с ней колодки A2.XT1. На контакт 7 колодки подано переменное напряжение с обмотки IV' трансформатора Т2, необходимое для работы узла

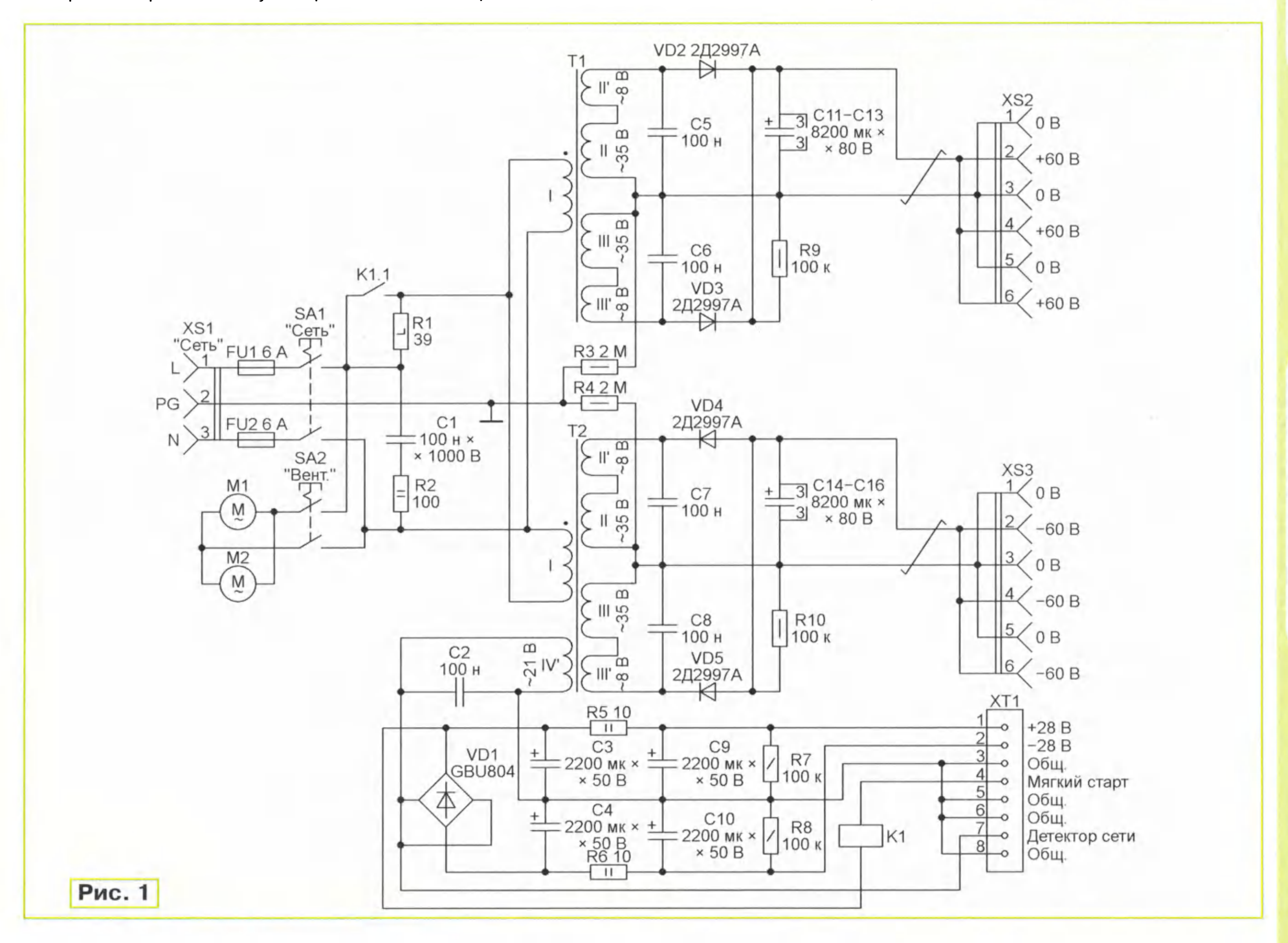


Рис. 1

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

выключения-перезапуска источника, находящегося в блоке A2.

С обмоток II, II', III, III' трансформаторов T1 и T2 переменное напряжение поступает на два независимых двухполупериодных выпрямителя на диодах VD2—VD5. Использовать здесь популярные готовые выпрямительные мосты нежелательно, потому что характеристики раздельных трансформаторов недостаточно идентичны, из-за чего может возникнуть подмагничивание их магнитопроводов, вызванное асимметрией тока в плечах выпрямителя.

Выходное напряжение выпрямителей сглаживают конденсаторы C11—C16, затем по кабелям, заканчивающимся разъёмами XS2 и XS3, оно поступает на ответные разъёмы, находящиеся в блоках A3.1 и A3.2. Для снижения переходного сопротивления контакты разъёмов соединены по три параллельно.

Резисторы R7—R10 предназначены для ускоренной разрядки конденсаторов большой ёмкости во время пусконаладочных работ. Конденсаторы C2, C5—C8 ослабляют мультипликативные помехи, возникающие при переключении диодов выпрямителей.

Диодный мост VD1 можно заменить на любой современный, рассчитанный на выпрямленное напряжение не менее 200 В при токе 3...8 А. Значительный запас по току взят для большей надёжности. Кроме того, мосты повышенной мощности имеют крепёжное отверстие, что удобно при их объёмном монтаже.

Диоды VD2—VD5 закреплены для охлаждения на алюминиевой задней стенке прибора. Несмотря на неудобный для крепления корпус "таблетка", применение диодов 2Д2997А выглядит предпочтительным, поскольку они отличаются высокой надёжностью и их не подделывают. Если приобрести диоды 2Д2997А не удалось, каждый из них можно заменить двумя соединёнными параллельно диодами 2Д213А.

Резистор R1 — ПЭВ-50.

Конденсаторы: C1 — B32652; C2, C5—C8 — K73-9 или K73-17; C3, C4, C9,

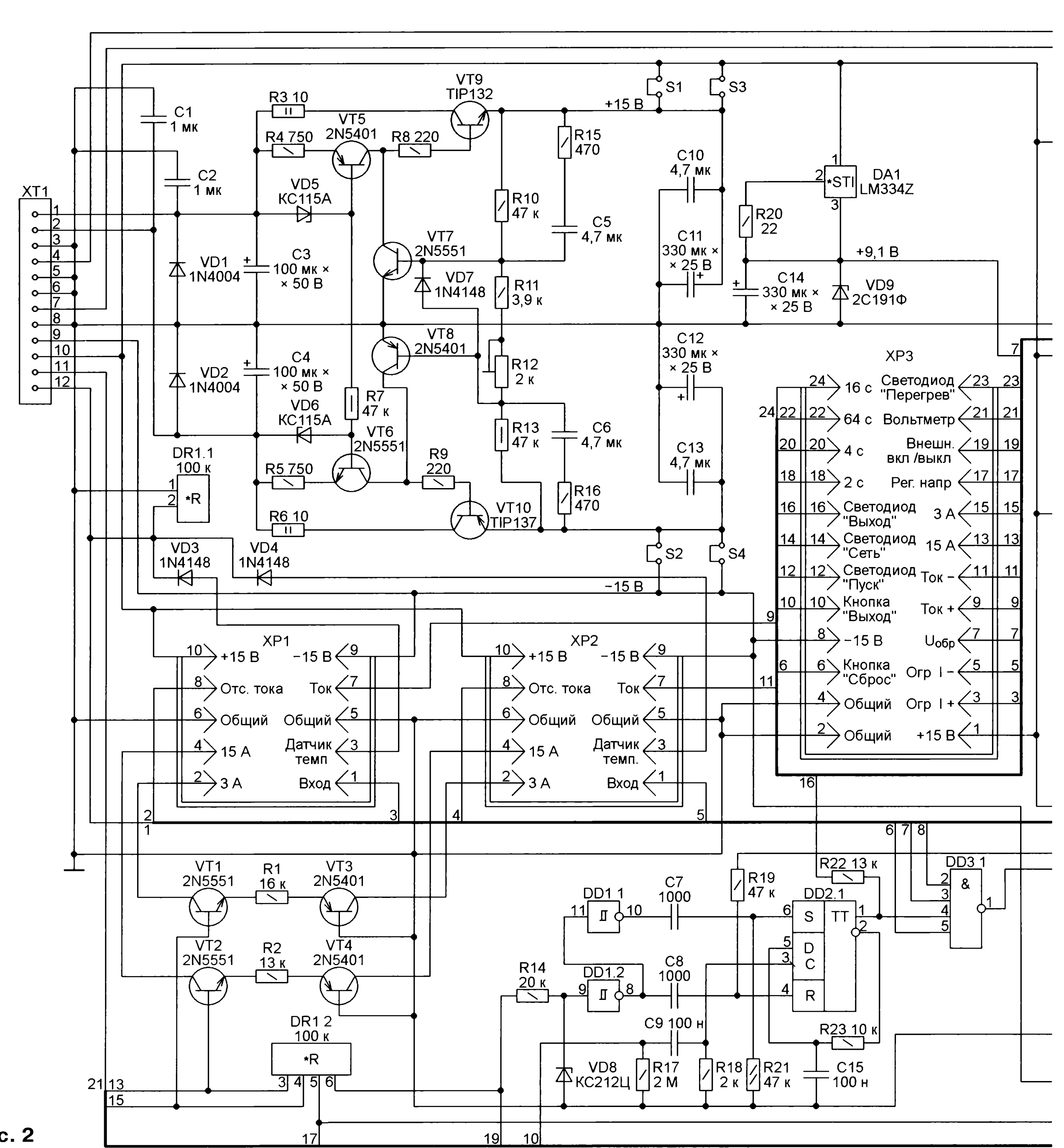


Рис. 2

C10 — B41851A6228M000; C11—C16 — B41231A0828M000.

SA1, SA2 — любые кнопочные сетевые выключатели, рассчитанные на ток 10...16 А и напряжение не менее 230 В.

Реле K1 — 4-1393240-8 (RT334024) или другое с обмоткой на 24 В, имеющее нормально разомкнутые контакты, способные коммутировать ток 10...16 А при напряжении переменного тока не менее 250 В.

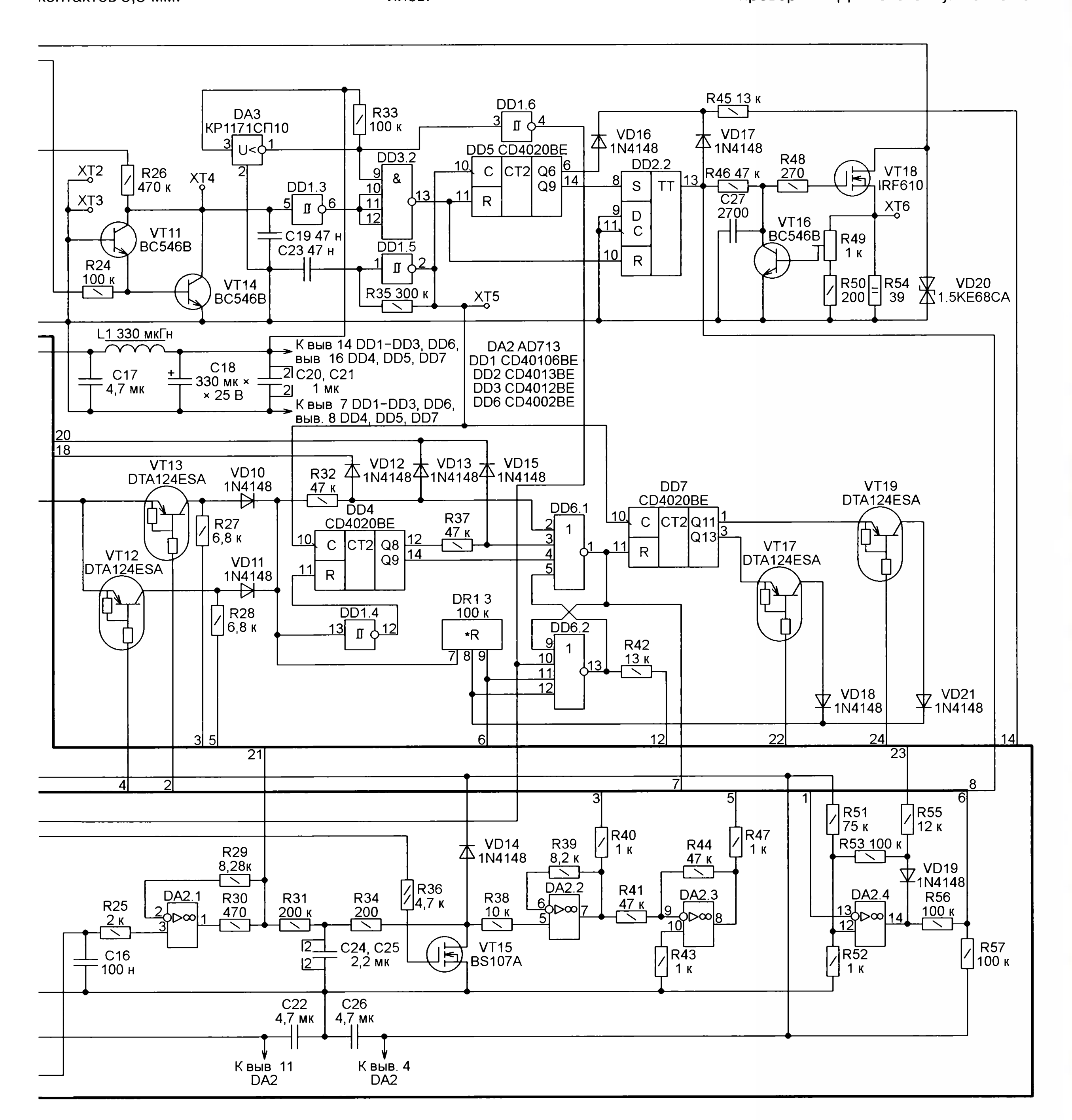
Розетка XS1 — AC-1 (HF-301). Контактная колодка XT1 набрана из четырёх трёхконтактных колодок с винтовыми зажимами ED350V-03P. Могут быть использованы и другие колодки с шагом контактов 3,5 мм.

Вентиляторы M1 и M2 — JA0825H2B размерами 80×80×25 мм и с частотой вращения 1800 $мин^{-1}$ при напряжении питания 230 В, 50 Гц.

Трансформаторы T1, T2 — доработанные тороидальные ТТП-250 (2×35 В, 3,2 А). Их мощности немного не хватает, чтобы обеспечить длительное питание нагрузки максимальным током. Если предполагается использовать прибор для длительной (более 15 минут) работы с током нагрузки 5 А, целесообразно заменить указанные трансформаторы аналогичными мощностью 350 Вт. Но трансформаторы такой мощности в выбранный автором корпус не уместились.

Чтобы обеспечить выпрямленное напряжение 60 В, поверх имеющихся в ТТП-250 вторичных обмоток намотаны ещё две (II' и III') — 12 равномерно распределённых по кольцу витков двумя сложенными (для симметрии плеч) проводами ПЭТВ-2 диаметром 1,25 мм. На трансформатор T2 намотана ещё одна дополнительная обмотка IV'. Она содержит 30 витков провода ПЭТВ-2 диаметром 0,3 мм.

Число витков дополнительных обмоток указано из расчёта 0,7 В на виток. Поскольку даже однотипные трансформаторы разных лет выпуска различаются по этому показателю, желательно его проверить. Для этого нужно намотать



пробную обмотку не менее чем из десяти витков, измерить напряжение на ней и разделить результат на число намотанных витков.

Основной блок А2

Этот блок собран по схеме, изображённой на **рис. 2**. Нестабилизированное двухполярное напряжение его питания поступает с контактов 1 и 2 колодки ХТ1 на стабилизатор напряжения +/–15 В, выполненный по классической схеме. В качестве образцового использовано падение напряжения на переходах база—эмиттер транзисторов VT7 и VT8, как в кассетной магнитофонной приставке "Яуза МП-221С-2", схему комбинированного блока которой можно найти в Интернете по адресу **http://forumimage.ru/uploads/20151212/144993523356403696.jpg** (16.03.2019).

Это не только упростило схему, но и позволило устранить асимметрию выходного двухполярного напряжения во время переходного процесса после включения источника в сеть. Она возникает по той причине, что процессы установления выходного напряжения однополупериодных выпрямителей разной полярности неодинаково зависят от фазы сетевого напряжения в момент включения.

Недостаток применённого стабилизатора — низкая температурная стабильность выходного напряжения. Её можно было бы улучшить, введя в разрыв верхнего по схеме вывода резистора R11 дополнительный термокомпенсирующий транзистор, база и коллектор которого соединены. Однако в рассматриваемом случае делать это не имеет смысла, так как стабильность выходного напряжения зависит от другого, отдельного источника образцового напряжения. Подстроечным резистором R12 устанавливают на выходах стабилизатора напряжение +/–15 В.

Резисторы R3 и R6 защищают стабилизатор от повреждения при кратковременном замыкании его выходов между собой или на общий провод. Диод VD7 и резисторы R15, R16 при замыкании выхода стабилизатора защищают переходы база—эмиттер транзисторов VT7 и VT8 от напряжения обратной полярности, поступающего с конденсаторов C5 и C6. Эти конденсаторы увеличивают глубину отрицательной обратной связи по переменному току, что способствует снижению пульсаций выходного напряжения.

Диоды VD1 и VD2 защищают блок от повреждения при ошибочной полярности подключения проводов питания к контактам 1 и 2 колодки ХТ1.

Съёмные перемычки S1—S4 предназначены для отключения нагрузки от стабилизатора во время регулировки его выходного напряжения. Дублирование перемычек снижает их переходное сопротивление и повышает надёжность соединения. На цифровую часть блока напряжение питания поступает через развязывающий фильтр L1C18C20C21.

В блоке имеется датчик наличия сетевого напряжения. Он выполняет две функции. Во-первых, обеспечивает перезапуск таймера мягкого старта после кратковременного пропадания сетевого напряжения. Во-вторых, выключает выходное напряжение прибора сразу же после отключения его от сети. Дело в том, что имеющиеся в приборе конденсаторы большой ёмкости сохраняют накопленный заряд в течение довольно длительного времени. Без принятия специальных мер всё это время прибор продолжает работать. При этом выходное напряжение разной полярности может снижаться несимметрично. Например, когда ток нагрузки одного плеча больше, чем другого, напряжение на выходе первого уменьшается быстрее, чем на выходе второго. Чтобы этого не происходило, выходное напряжения блокирует электронный ключ на полевом транзисторе VT15, как только сетевое напряжение пропадает.

Датчик наличия сетевого напряжения выполнен на транзисторах VT11 и

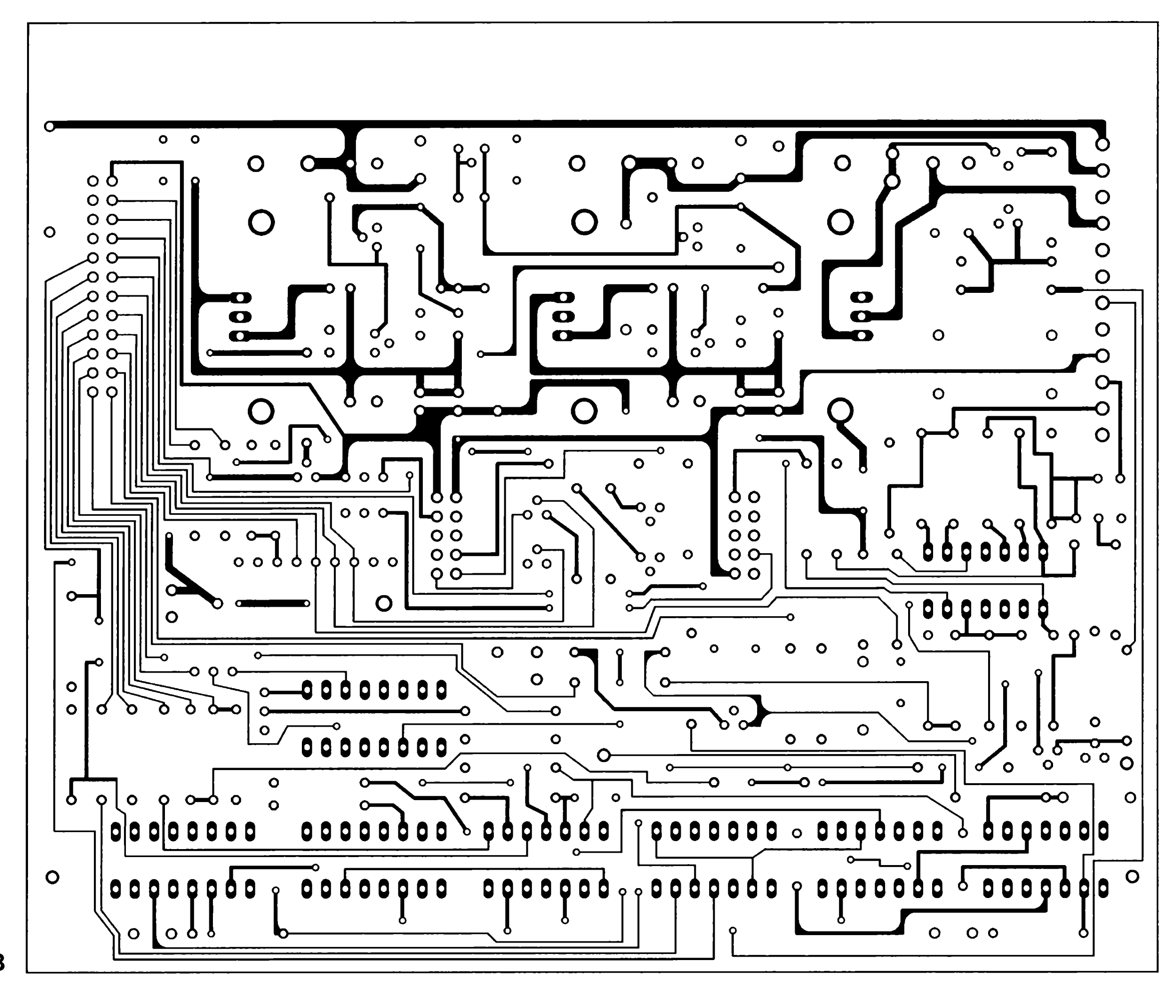


Рис. 3

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

VT14. Поочерёдно открываясь, они разряжают конденсатор С19. В результате он не успевает зарядиться через резистор R26 до напряжения срабатывания триггера Шмитта DD1.3.

Как только сетевое напряжение исчезнет, напряжение на конденсаторе С19 превысит пороговое, поэтому на выходе элемента DD1.3 будет установлен низкий логический уровень. Пройдя через элемент DD3.1 (на него же приходит сигнал начальной установки, вырабатываемый детектором понижения напряжения DA3), он проинвертированным поступает на вход R триггера DD2.2 и устанавливает его в состояние с низким уровнем на выводе 13. Этот уровень поступает на вывод 2 элемента DD3.1 и устанавливает на его выходе высокий уровень, который через резистор R36 поступает на затвор транзистора VT15, блокирующего выходное напряжение.

Таймер мягкого старта выполнен на двоичном счётчике DD5 и триггере DD2.2. Тактовые импульсы на вход счётчика поступают с генератора на триггере Шмитта DD1.5. Как только на выходе элемента DD3.1 будет установлен низкий уровень, счётчик DD5 начнёт подсчёт импульсов. Импульсы напряжения с вывода 6 счётчика DD5 через диод VD16 поступает на светодиод A4.HL2 "Сеть" — индикатор включения прибора. Его прерывистое свечение свидетельствует о работе таймера мягкого старта. Через 4 с на выводе 14 счётчика появится высокий уровень, который установит триггер DD2.2 в состояние с высоким уровнем напряжения на выводе 13. Через диод VD17 это напряжение поступит на тот же светодиод и заставит его светиться непрерывно. Это означает, что прибор вошёл в рабочий режим.

Высокий уровень напряжения с вывода 13 триггера DD2.2 поступает также на узел управления реле A1.K1, выполненный на транзисторах VT16 и VT18 по схеме управляемого источника тока. Это позволяет применять в приборе реле с различным рабочим напряжением и током, обеспечивая при этом высокую скорость нарастания тока в обмотке. Ток регулируют подстроечным резистором R49.

Для уменьшения времени отпускания реле A1.K1 традиционный диод, шунтирующий его обмотку, заменён супрессором с напряжением ограничения 68 В. Этим обеспечен быстрый спад тока в обмотке реле после закрывания управляющего им транзистора и сокращена длительность отпускания притянутого якоря реле. Уменьшать длительность срабатывания и отпускания реле необходимо, чтобы минимизировать время, в течение которого его контакты сжаты неплотно, и на них возникают пятна локального перегрева и искрения.

DD2.1 — триггер управления выходом. Он позволяет включать и выключать выходное напряжение, например, чтобы установить его нужное значение ещё до подачи на нагрузку. Цепи R17C9R18 и R23C15 подавляют дребезг контактов кнопки управления выходом, установленной на передней панели прибора. На инверторах DD1.1 и DD1.2, резисторах R19 и R21, конденсаторах С7 и С8 собран узел переключения триггера DD2.1 по внешнему сигналу. Это даёт возможность использовать прибор в системе многоканальных источников питания, синхронизируя их включение и выключение. Резистор R14 и стабилитрон VD8 защищают вход элемента DD1.2 от повреждения повышенным напряжением.

Через резистор R19 на вход R триггера DD2.1 поступает сигнал его установки при включении питания прибора в состояние, соответствующее выключенному выходному напряжению. С выхода триггера сигнал приходит на один из входов элемента DD3.1, а с выхода этого элемента — на ключ блокировки выходного напряжения на транзисторе VT15.

На транзисторах VT1—VT4 собран переключатель порога ограничения тока нагрузки. Это два симметричных стабилизатора тока, которые управляют узлами установки порога в блоках A3.1 и

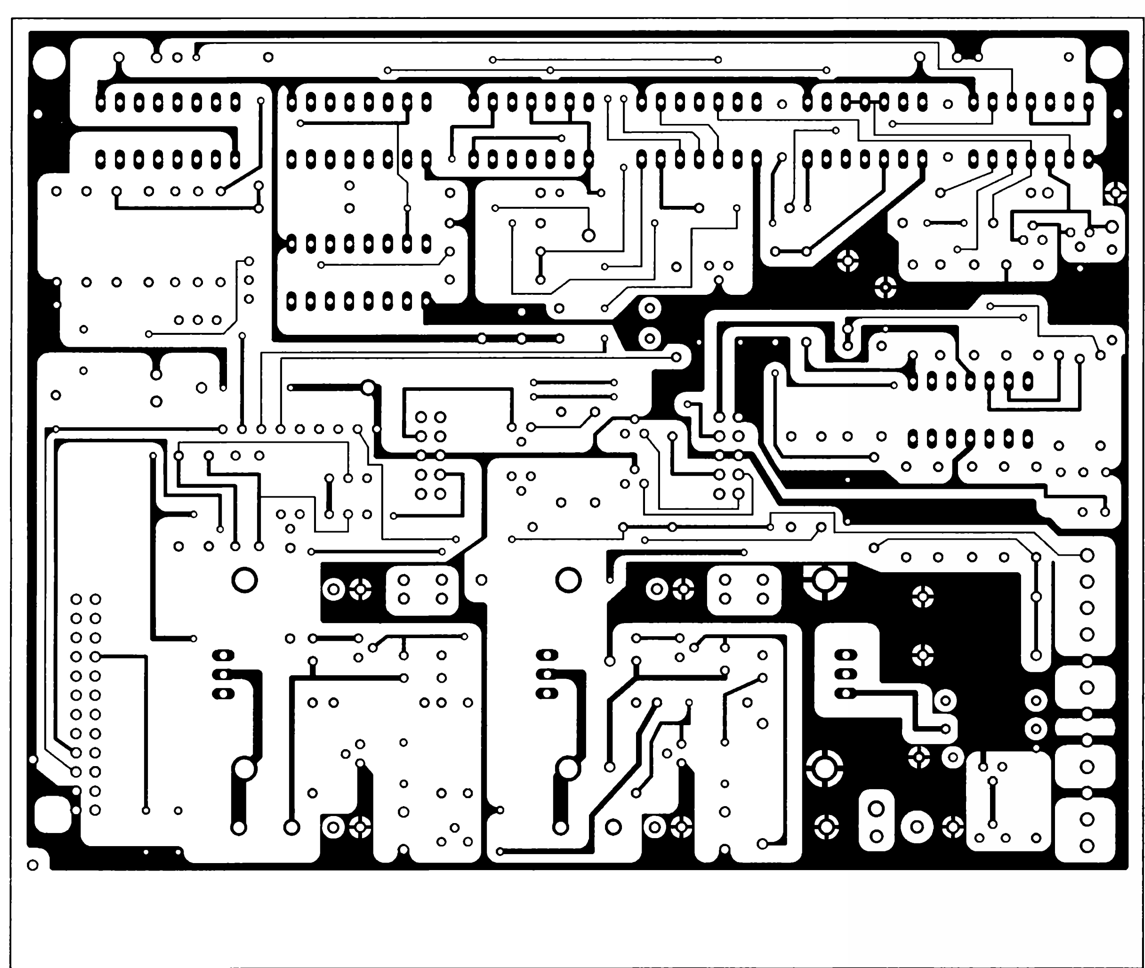


Рис. 4

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

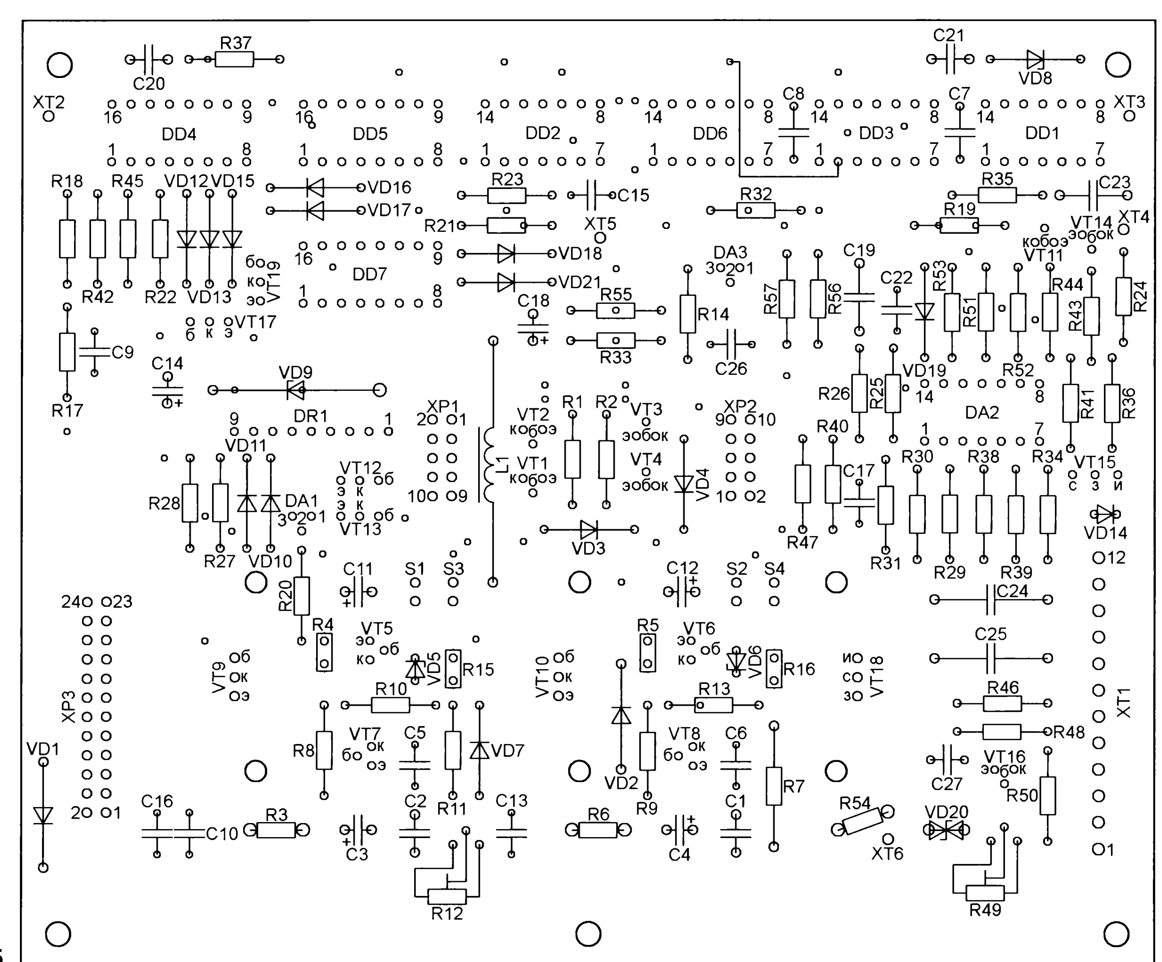


Рис. 5

А3.2. Включают тот или иной стабилизатор тока сигналами, поступающими с переключателя, установленного на передней панели прибора.

Устройство защиты от превышения выходного тока представляет собой комбинацию ограничителя тока и триггерной защиты. Необходимо, чтобы триггерная защита срабатывала с определённой задержкой. Если этого не обеспечить, она станет срабатывать от каждого пика тока нагрузки. Однако ограничение выходного тока не должно продолжаться бесконечно долго, это может привести к перегреву регулирующих транзисторов прибора.

На так называемых "цифровых" транзисторах VT12 и VT13 собраны ключи устройства защиты. Внутри таких транзисторов имеются резисторы, ограничивающие их базовый ток. Это позволяет управлять ими непосредственно с выходов логических микросхем.

При срабатывании ограничителей выходного тока в блоках А3.1 и А3.2 на контакте 8 разъёмов XP1 и XP2 или одного из них появляется напряжение низкого логического уровня, которое открывает транзисторы VT12 и VT13. Напряжение с их коллекторов через резисторы R27 и R28 поступает на разъём XP3, а с него на переднюю панель прибора, где установлены светодиоды индикации начала ограничения тока. Кроме того, напряжение с коллекторов транзисторов VT12 и VT13 поступает через логический узел ИЛИ на диодах VD10, VD11 и инвертор DD1.4 на вход R двоичного счётчика DD4. Низкий логический уровень на этом входе разрешает отсчёт продолжительности ограничения тока.

Узел из диодов VD12, VD13, VD15 и переключателя на передней панели прибора, подключаемого через разъём XP3, позволяет установить продолжительность выдержки 0 с, 2 с или 4 с. При закрытых диодах VD12 и VD13 напряжение высокого уровня через резистор R32 поступает непосредственно на триггер защиты, вызывая его мгновенное срабатывание. Это соответствует нулевой выдержке.

Сам RS-триггер защиты собран на логических элементах микросхемы DD6. На вывод 10 элемента DD6.2 поступает сигнал начальной установки, а на вывод 11 — сигнал ручного сброса защиты нажатием на кнопку. При срабатывании триггера напряжение высокого уровня с выхода элемента DD6.2 через резистор R42 поступает на переднюю панель прибора, где загорается соответствующий светодиод. Низкий уровень с выхода элемента DD6.1 при этом поступает на элемент DD3.1, напряжение высокого уровня с выхода которого через резистор R36 открывает транзистор VT15, отключающий выходное напряжение прибора.

Иногда бывает необходимо, чтобы источник питания через определённое время после срабатывания защиты автоматически возвратился в рабочий режим. Для этого в блоке А2 имеется таймер автовозврата. Он выполнен на двоичном счётчике DD7, который начинает считать импульсы после срабатывания триггера защиты. На "цифровых" транзисторах VT17 и VT19, диодах VD18 и VD21 выполнен узел выбора длительности задержки автоматического сброса сработавшей защиты. Её можно выбрать установленным на передней панели прибора переключателем равной 16 с, 64 с или бесконечности.

На прецизионном стабилитроне VD9 и интегральном стабилизаторе тока DA1 собран источник образцового напряжения. Резистор R20 задаёт ток через стабилитрон. Конденсатор C14 подавляет шум стабилитрона. Образцовое напряжение со стабилитрона поступает на разъём XP3, а с него на переменный резистор установки выходного напряжения, находящийся на передней панели. Напряжение с его движка возвращается в блок А2 на контакт 17 разъёма XP3, с него поступает на повторитель на ОУ DA2.1, а с его выхода — на контакт 21 разъёма XP3 и далее на вольтметр, находящийся на передней панели прибора. Это позволяет устанавливать выходное напряжение источника до его подачи на нагрузку.

Кроме вольтметра, напряжение с выхода ОУ DA2.1 поступает на интегрирующую цепь R31C24C25. Она, во-первых, обеспечивает плавное нарастание выходного напряжения при его включении. Это необходимо для исключения срабатывания защиты от броска тока зарядки конденсаторов, установленных на выходе прибора и в цепях питания его нагрузки. Во-вторых, эта цепь дополнительно подавляет шум, помехи, присутствующие в образцовом напряжении, и "шорохи" переменного резистора при установке выходного напряжения.

Резистор R34 ограничивает амплитуду импульса тока стока полевого транзистора VT15, обусловленного разрядкой через него конденсаторов C24 и C25. Диод VD14 защищает микросхему DA2 от повреждения во время переходных процессов, сопровождающих выключение прибора. На ОУ DA2.2 и DA2.3 собраны развязывающие повторители напряжения, причём DA2.3 — инвертирующий, необходимый для работы блока A3.2.

ОУ DA2.4 служит компаратором защиты от перегрева. Напряжение на его вход поступает через диоды VD3 или VD4 от того из интегральных датчиков температуры теплоотводов транзисторов в блоках A3.1 и A3.2, на выходе которого оно больше (следовательно, соответствующий теплоотвод нагрет до более высокой температуры). Как только температура превысит 60 °C, компаратор изменяет своё состояние. Делитель напряжения R51R52 поднимает порог срабатывания компаратора на дополнительные доли вольта. ОУ охвачен положительной обратной связью через резистор R53, создающий гистерезис в характеристике переключения компаратора.

При срабатывании компаратора на выходе ОУ DA2.4 будет установлено напряжение, близкое к минусовому напряжению питания. Оно откроет диод VD19 и через резистор R55 поступит на разъём XP3, а с него на светодиод индикации перегрева, находящийся на передней панели прибора. Напряжение с выхода ОУ DA2.4 поступает через цепь сдвига уровня R56R57 на вывод 5 элемента DD3.1, устанавливая на его выходе высокий логический уровень. Это открывает транзистор VT15 и приводит к обесточиванию нагрузки. Устройство выходит из защитного состояния автоматически по остывании теплоотводов до безопасной температуры.

Предусмотрена возможность дальнейшего совершенствования и расширения возможностей прибора. Для этого на разъём XP3 и зажимную колодку XT1 поданы некоторые напряжения и сигналы, которые пока не используются, но могут потребоваться для подсоединения дополнительных плат расширения, например, при введении автоматической коммутации отводов вторичных обмоток силовых трансформаторов. Это позволит повысить КПД прибора при питании от него низковольтных устройств и уменьшить его тепловыделение.

Блок A2 собран на двухсторонней печатной плате размерами 150×126 мм, чертёж проводников которой изображён на **рис. 3** и **рис. 4**, а схема размещения деталей — на **рис. 5**.

(Продолжение следует)

Генератор синусоидального сигнала со стабильной амплитудой

Б. ДЕМЧЕНКО, г. Киев, Украина

В статье рассмотрен разработанный автором генератор синусоидальных колебаний фиксированной низкой частоты, имеющих высокую стабильность амплитуды. Он содержит всего один операционный усилитель, три параллельных стабилизатора напряжения и один полевой транзистор.

Особенность генераторов с мостом Вина в цепи обратной связи — необходимость точно поддерживать необходимый коэффициент передачи усилительного звена. Для поддержания амплитуды синусоидальных колебаний на определённом уровне, гарантирующем минимальные искажения и максимальную временную и температурную стабильность, необходима регулируемая обратная связь. В качестве регулирующих её элементов применяют лампы накаливания, терморезисторы, диоды, стабилитроны, полевые транзисторы. Температурная и временная стабильность большинства генераторов, использующих для стабилизации указанные элементы, как правило, недостаточны для применения в измерительных устройствах. Поэтому часто применяют дополнительные меры для её повышения.

Например, в прецизионном генераторе синусоидальных колебаний [1] цепь АРУ образована дифференциальным усилителем на паре транзисторов и полевым транзистором, работающим в режиме регулируемого напряжением сопротивления. Температурный дрейф выходного напряжения генератора определяется в основном свойствами транзисторов дифференциального усилителя и при тщательной их подборке не превышает 1 мВ/°C.

В генераторе синусоидальных сигналов [2] применена микросхема преобразователя среднеквадратичного напряжения в постоянное LTC1968 с усилителем ошибки на ОУ, управляющим полевым транзистором в цепи АРУ. Стабильность амплитуды этого генератора — 0,1 %.

В генераторах [3, 4] выпрямленное генерируемое колебание сравнивается с образцовым напряжением, а их усиленная разность управляет сопротивлением канала полевого транзистора. Нестабильность амплитуды у генератора [4] не превышает нескольких десятков милливольт. Кстати, при повторении этого генератора необходимо заменить транзистор КП103, например, на КП305Ж, иначе генератор не заработает.

Я предлагаю построить генератор иначе. Его схема изображена на **рис. 1**. Собственно генератор собран на ОУ DA4 КР140УД1208, отличающемся малым потребляемым током. Мост Вина R11C8R15C9 задаёт частоту генерации 50 Гц. Для настройки на другую частоту

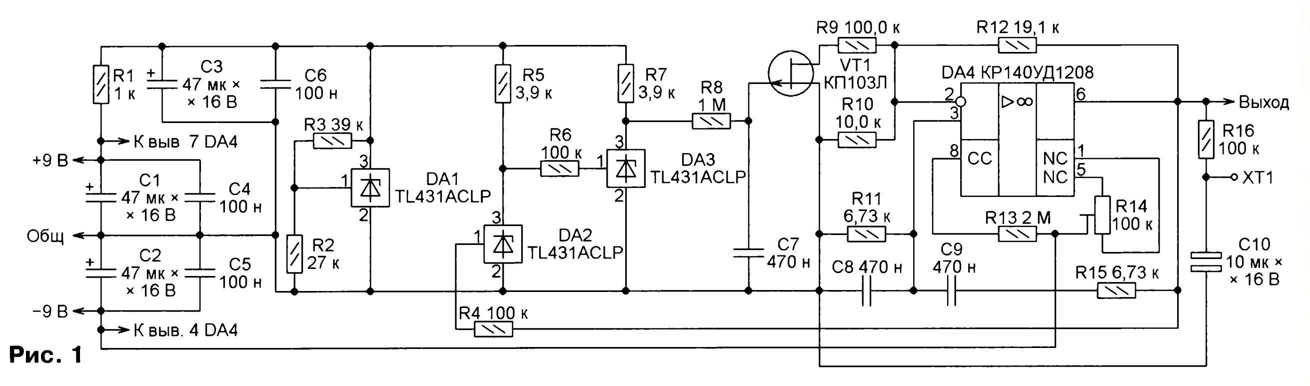


Рис. 1

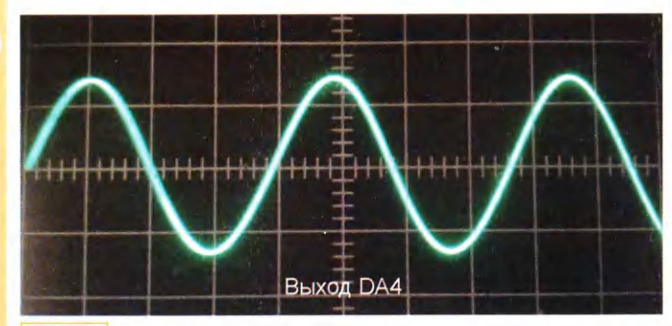


Рис. 2

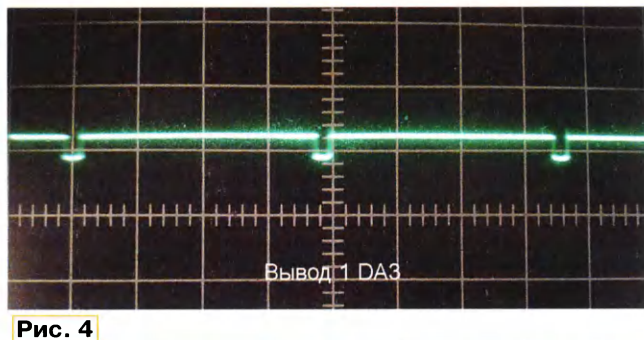


Рис. 4

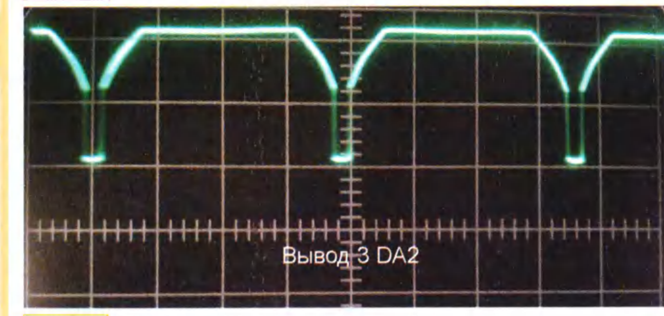


Рис. 3

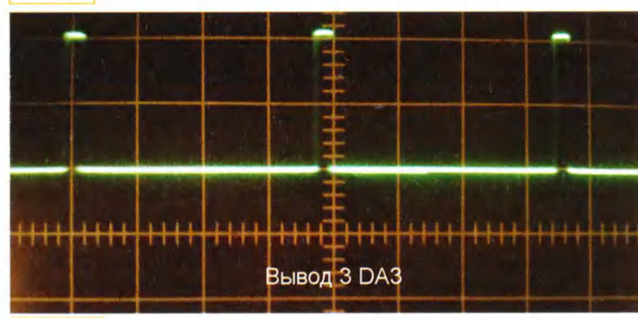


Рис. 5

элементы моста рассчитывают по формуле

$$F = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R \cdot C},$$

где R=R11=R15, а C=C8=C9. Для минимизации искажений элементы моста должны быть подобраны точно.

Стабилизирует амплитуду генерируемых колебаний работающий в режиме управляемого напряжением резистора полевой транзистор VT1 в цепи отрицательной обратной связи ОУ. Управляющее напряжение поступает на затвор полевого транзистора с выхода компаратора, выполненного на параллельных стабилизаторах напряжения DA2 и DA3, который реагирует на разность положительного амплитудного значения выходного напряжения генератора и термокомпенсированного порогового напряжения 2,5 В стабилизатора DA2. При положительном значении этой разности напряжение на катоде стабилизатора DA2 — около +2 В, в противном случае оно близко к напряжению питания (+6 В).

Стабилизатор DA3 служит логическим инвертором напряжения на катоде стабилизатора DA2. Постоянная времени интегрирующей цепи R8C7 выбрана значительно большей периода генерируемых колебаний, чтобы АРУ, стабилизируя амплитуду сигнала, не искажала его синусоидальную форму. При частоте колебаний 50 Гц время их установления достигает нескольких секунд.

На **рис. 2—5** показаны осциллограммы сигналов в некоторых точках генератора. Они сняты при скорости горизонтальной развёртки 5 мкс/дел. и коэффициенте отклонения по вертикали 2 В/дел.

Источником напряжения +6 В служит стабилизатор DA1. Ёмкость конденсатора C6, устраняющего возможное самовозбуждение микросхемы DA1, выбрана с учётом границ стабильности, указанных в [5] (с. 13, рис. 16). Интегрирующая цепь R16C10 предназначена для контроля симметрии генерируемого сигнала относительно нулевого уровня. Её добиваются, установив подстроечным резистором R14 нулевое напряжение в контрольной точке XT1.

Генератор был испытан на термостабильность путём его нагрева до температуры 30 °C. Исходное эффективное значение выходного синусоидального напряжения 2 Вэфф увеличилось на 4 мВ, что соответствует 0,13 мВ/°C или 0,0065 %/°C. При этом ток, потребляемый от источника напряжения +9 В, был равен 3,2 мА, а от источника напряжения −9 В — 0,5 мА. Эффективное значение генерируемого напряжения оставалось неизменным при изменении плюсового напряжения питания в пределах +(8...10) В, а минусового — в пределах −(4...10) В. Следовательно, генератор можно питать нестабилизированным напряжением.

Для правильной работы генератора значения сопротивления резисторов R9—R12 должны относиться как 10:1:0,63:1,9. Для резисторов R9, R10, R12 это соответствует наиболее устойчивой работе генератора с мостом Вина, а для резистора R11 — минимальному дрейфу ОУ.

Конденсаторы C7—C9 — плёночные MKS2, имеющие стабильную ёмкость и высокое сопротивление изоляции, причём ёмкость конденсаторов C8 и C9 подобрана одинаковой с точностью 0,1 %. Возможно применение прецизионных конденсаторов К71-7. Конденсатор C10 — оксидный неполярный. Резисторы R9—R12 — С2-29В или С2-14, остальные — МЛТ или подобные.

Генератор, собранный по аналогичной схеме на операционном усилителе 140УД17А, обеспечил температурную стабильность амплитуды колебаний 0,03 мВ/°C или 0,0015 %/°C.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Алексенко А. Г., Коломбет Е. А., Стародуб Г. И.** Применение прецизионных аналоговых микросхем. — М.: Радио и связь, 1985.

2. Генератор синусоидальных сигналов с высокой амплитудной стабильностью и малыми искажениями. — URL: **http://www.elcomdesign.ru/ingineer/ingineer_39.html** (01.04.2019).

3. **Ленк Дж.** 500 практических схем на популярных ИС. — М.: ДМК Пресс, 2001.

4. **Горошков Б. И.** Радиоэлектронные устройства. — М.: Радио и связь, 1984.

5. TL431, TL431A Прецизионные настраиваемые параллельные стабилизаторы напряжения. — URL: **http://www.naliwator.narod.ru/other/tl431rus.pdf** (01.04.2019).

Контрольный приёмник для обнаружения помех радиоуправляемым моделям

О. ИЛЬИН, г. Казань, Татарстан

Предлагаемый радиоприёмник предназначен для слежения за обстановкой в эфире в диапазоне 26,957...27,283 МГц, отведённом для радиоуправления моделями. Наличие радиопомех, создаваемых как аппаратурой радиоуправления другими моделями, так и радиопередатчиками различного назначения, работающими на близких частотах, может быть причиной не только неисполнения подаваемых команд, но и аварии модели.

Более всего к радиопомехам восприимчивы радиоприёмники авиамоделей во время полёта, поскольку их антенны подняты высоко над землёй и им "видны" весьма удалённые источники помех. Особенно насыщен помехами диапазон 26,957...27,283 МГц, поскольку в нём нередко работают и СиБи-радиостанции. Высокочувствительный контрольный приёмник этого диапазона даёт возможность, прослушивая эфир перед стартом модели и во время её полёта, убедиться в отсутствии помех и своевременно среагировать на их появление, что значительно повышает надёжность управления моделью. На практике для этого используют супергетеродинные и сверхрегенеративные контрольные радиоприёмники.

Первые [1] имеют высокую чувствительность и избирательность, регулируемую полосу пропускания. Их можно настроить на любую из фиксированных частот, отведённых для радиоуправления [1, 2]. Недостаток супергетеродина — сложность схемы и конструкции, трудность налаживания, высокая стоимость.

Вторые [1, 3, 4] значительно проще, имеют высокую чувствительность, но ввиду низкой избирательности позволяют сделать вывод лишь о наличии помехи в сравнительно широкой полосе частот, а не на конкретной фиксированной частоте. Кроме того, сверхрегенеративный радиоприёмник сам излучает помехи, поэтому без специальных мер по их устранению его нельзя включать во время управления моделью. Однако изготовление контрольного сверхрегенеративного радиоприёмника несложное, а информации о помеховой обстановке, полученной с его помощью, во многих случаях бывает достаточно. Поэтому сверхрегенеративные контрольные радиоприёмники, несмотря на их существенные недостатки, востребованы многими авиамоделистами.

Предлагаю свой вариант контрольного сверхрегенеративного радиоприёмника.

Основные технические характеристики

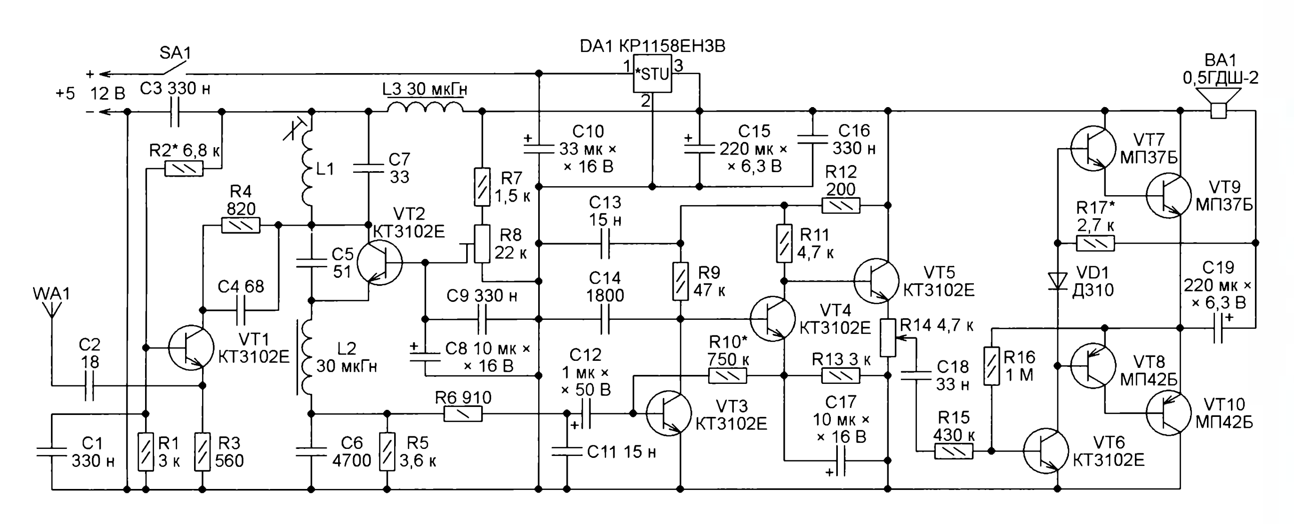
Чувствительность, мкВ, не хуже . . . . .2...5
Центральная частота полосы пропускания, МГц 27,12
Полоса пропускания высокочастотного тракта, кГц, более 500
Напряжение питания, В . . . . .5...12
Ток потребления, мА, не более 25

Приёмник способен обнаруживать как немодулированное, так и модулированное или манипулированное излучение. Принятые сигналы воспроизводит встроенная в него динамическая головка.

Принципиальная схема приёмника приведена на **рисунке**. В нём использованы хорошо зарекомендовавшие себя на практике "классические" схемные решения. Он состоит из усилителя радиочастоты (УРЧ), сверхрегенеративного детектора, усилителя звуковой частоты (УЗЧ), выходного усилителя мощности и стабилизатора напряжения питания.

УРЧ выполнен на транзисторе VT1, включённом по схеме с общей базой. Конденсаторы C1, C3 — блокировочные, C2 — разделительный. Резисторы R1—R4 задают режим работы транзистора VT1 по постоянному току.

Усиливая высокочастотные электрические колебания, наведённые в антенне WA1, УРЧ одновременно препятствует проникновению в неё создающих помехи высокочастотных колебаний, генерируемых сверхрегенеративным детектором. Последнее даёт возможность пользоваться этим приёмником и во время управления моделью. Кроме того, наличие УРЧ уменьшает влияние на работу сверхрегенеративного детектора параметров антенны WA1, изменяющихся в зависимости от её размеров и положения.



С выхода УРЧ принятый сигнал поступает на колебательный контур L1C7, настроенный на 27,12 МГц (центральную частоту диапазона) и входящий в состав сверхрегенеративного детектора, собранного на транзисторе VT2. Сверхрегенеративный детектор усиливает и детектирует этот сигнал. Электрические процессы, происходящие в нём, детально описаны в [1—7], поэтому здесь подробно не рассматриваются.

Делитель напряжения R7R8 задаёт рабочую точку транзистора VT2, включённого по схеме с общей базой. Конденсаторы C8 и C9 — блокировочные. Конденсатор C5 создаёт положительную обратную связь с коллектора на эмиттер транзистора VT2, необходи-

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

мую для возникновения в детекторе собственных высокочастотных колебаний. Дроссель L2 препятствует замыканию напряжения обратной связи на общий провод через конденсатор C6. Этот конденсатор вместе с резистором R5 образует цепь, задающую частоту суперизации сверхрегенеративного детектора. ФНЧ R6C11 выделяет постоянную составляющую этих колебаний, изменяющуюся по закону огибающей принимаемого сигнала, и не пропускает колебания с частотой суперизации. Цепь L3C3 — фильтр в цепи питания УРЧ и сверхрегенеративного детектора.

Продетектированный сигнал поступает на вход УЗЧ, собранного на транзисторах VT3—VT5. Конденсатор C12 — разделительный, совместно с блокировочным конденсатором C17 он задаёт нижнюю граничную частоту полосы пропускания усилителя. Конденсатор C14 ограничивает полосу пропускания УЗЧ сверху. Резисторы R9 и R11 — нагрузочные соответственно первой и второй ступеней УЗЧ. Резисторы R10 и R13 образуют цепь отрицательной обратной связи по постоянному току, обеспечивающую температурную стабильность усилителя. R12C13 — фильтр в цепи питания УЗЧ, предотвращающий возможность его самовозбуждения.

Эмиттерный повторитель на транзисторе VT5 служит для согласования УЗЧ с усилителем мощности. Полоса пропускания УЗЧ по уровню −3 дБ от 40 Гц до 6 кГц. Коэффициент усиления по напряжению в середине этой полосы — не менее 700. Переменный резистор R14 — регулятор громкости принимаемого сигнала.

Усилитель мощности построен на транзисторах VT6–VT10, его нагрузка — динамическая головка BA1. Транзистор VT6 обеспечивает усиление по напряжению, а транзисторы VT7—VT10 — по току. Для уменьшения искажений "ступенька" оконечная двухтактная ступень усилителя мощности выполнена на германиевых составных транзисторах VT7VT9 и VT8VT10. На их базы подано начальное напряжение смещения, формирующееся при протекании коллекторного тока транзистора VT6 через открытый диод VD1. Резисторы R16 и R17 задают режим усилителя мощности по постоянному току. Коэффициент усиления по напряжению задан резистором R15. Конденсаторы C18, C19 — разделительные. Максимальная выходная мощность на нагрузке сопротивлением 8 Ом — не менее 50 мВт.

Стабилизатор напряжения, собранный на интегральном стабилизаторе напряжения DA1 и конденсаторах C10, C15, C16, формирует напряжение +3 В для питания всех функциональных узлов приёмника. SA1 — выключатель питания.

В приёмнике применены импортные оксидные конденсаторы, вместо которых можно использовать отечественные К53-4, К53-16, К50-35. Керамические конденсаторы — К10-17-1а, вместо них подойдут КМ-5, КМ-6 или импортные. Постоянные резисторы — С2-33, возможны их замены на С2-23, МЛТ, ОМЛТ. Подстроечный резистор R8 — РП1-48Б, переменный резистор R14 — СП4-1, вместо которых можно использовать другие подобные. Динамическая головка BA1 может быть применена любая мощностью 0,25...0,5 Вт со звуковой катушкой сопротивлением 8...10 Ом. Выключатель питания SA1 — МТД-1в или другой подходящий.

Антенна WA1 — телескопическая длиной 900...1000 мм от промышленного радиоприёмника. Катушка индуктивности L1 намотана на полистироловом каркасе диаметром 8 мм, внутри которого перемещается подстроечник СЦР из карбонильного железа. Она содержит семь витков провода ПЭВ-1 диаметром 0,5 мм. L2 и L3 — высокочастотные дроссели серии ДМ или ДПМ.

Транзисторы КТ3102Е можно заменить другими этой же серии или подобными, например, серий КТ312, КТ315, КТ342. Германиевые транзисторы МП37Б и МП42Б заменяют транзисторами соответственно серий МП35—МП38 и МП39—МП42. Вместо германиевого диода Д310 подойдут другие серий Д311, Д312, ГД403, ГД507. Интегральный стабилизатор напряжения КР1158ЕН3В может быть другого типа, но с номинальным выходным напряжением +3 В.

Детали приёмника смонтированы на монтажной плате навесным способом. УРЧ и сверхрегенеративный детектор заключены в латунный экран, соединённый с общим проводом. Корпус радиоприёмника склеен эпоксидной смолой из стеклотекстолита. В нём размещены монтажная плата, динамическая головка, батарея питания и выдвижная телескопическая антенна. На переднюю панель выведены регулятор громкости и выключатель питания.

Приёмник питают от пяти Ni-Cd аккумуляторов Д-0,26Д, соединённых последовательно. Вместо них можно использовать любой другой источник постоянного напряжения 5...12 В.

Налаживание приёмника начинают с УЗЧ и усилителя мощности, которое выполняют по известным методикам. Далее в высокочастотном тракте подстроечным резистором R8 устанавливают такой режим работы транзистора VT2, при котором в отсутствие сигнала на входе радиоприёмника интенсивность "суперного" шума, воспроизводимого динамической головкой BA1 (этот шум напоминает клокотание закипающей воды в чайнике), станет максимальной. Затем подстроечником катушки индуктивности L1 настраивают контур сверхрегенеративного детектора на частоту 27,12 МГц по сигналу внешнего генератора, подключённого к входу УРЧ вместо антенны.

При точной настройке на частоту сигнала амплитудой более 2...5 мкВ "суперный" шум должен быть подавлен. При амплитудной модуляции генератора звуковой частотой модулирующий сигнал должен прослушиваться в динамической головке.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Миль Г.** Электронное дистанционное управление моделями. — М.: ДОСААФ, 1980.

2. **Войцеховский Я.** Дистанционное управление моделями. Пособие моделиста и радиолюбителя. — М.: Связь, 1977.

3. **Путятин Н.** Приёмник-"контролёр". — Радио, 1970, № 3, с. 53, 55.

4. **Путятин Н. Н.** Радиоуправление моделями. — М.: Энергия, 1976.

5. **Жеребцов И. П.** Радиотехника. — М.: Связь: Сов. радио, 1965.

6. **Белкин М. К.** и др. Сверхрегенераторы. — М.: Радио и связь, 1983.

7. **Днищенко В. А.** 500 схем для радиолюбителей. Дистанционное управление моделями. — СПб.: Наука и техника, 2007, с. 227—243.



Радиосенсор температуры и влажности воздуха внутри помещения

Схема этого радиосенсора изображена на **рис. 16**. Управляет им микроконтроллер DD1, тактируемый внутренним RC-генератором. Каждые 5 с программа запускает измерение температуры и влажности датчиком MTH02A, подключённым к разъёму XP2 по схеме, показанной на **рис. 17**. По завершении каждого измерения она считывает его результат и накапливает их. Каждые 30 с происходят обработка накопленной информации и её передача по локальной радиосети головному устройству. Датчик связан с микроконтроллером по интерфейсу 1-Wire, организованному на линии PC0 микроконтроллера.

Таблица 3

Разряд	Знач.	Разряд	Знач.
RSTDISBL	1	BODLEVEL	1
WDTON	1	BODEN	0
SPIEN	0	SUT1	1
CKOPT	1	SUT0	0
EESAVE	1	CKSEL3	0
BOOTSZ1	1	CKSEL2	0
BOOTSZ0	1	CKSEL1	1
BOOTRST	1	CKSEL0	1

0 — запрограммировано;
1 — не запрограммировано.

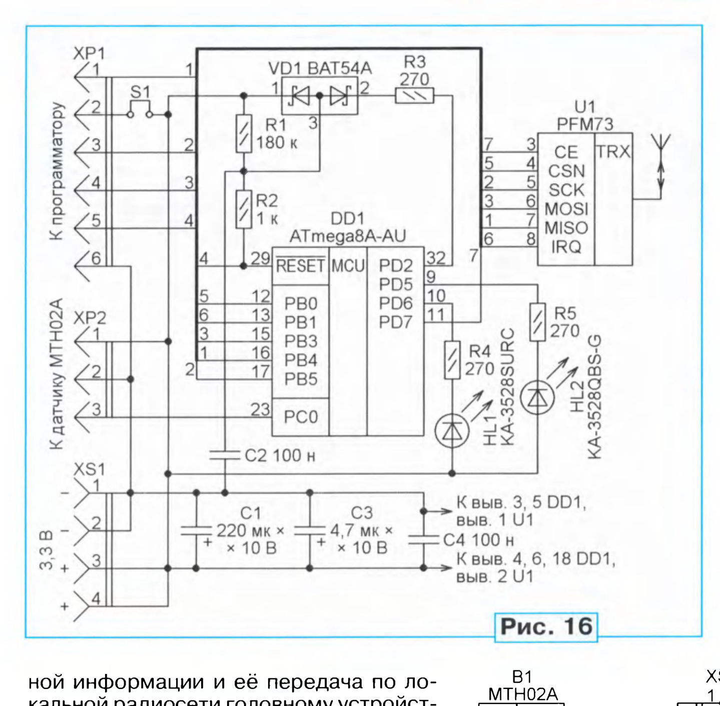


Рис. 16

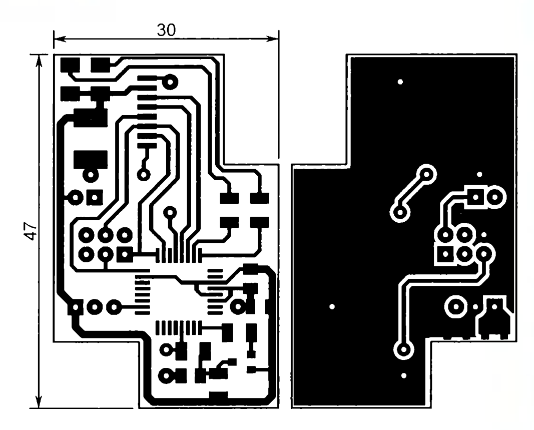


Рис. 18

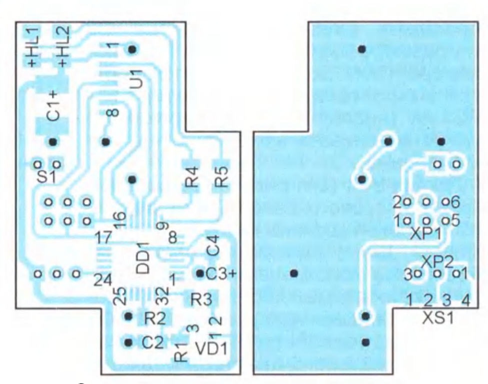


Рис. 19

B1 MTH02A
T, Hr
VDD
VSS
DATA
XS1
К XP2 (рис 16)

Рис. 17

Датчик MTH02A оказался программно несовместимым с ранее использовавшимся датчиком MTH02. Помогло изучение справочного листка [6]. После корректировки временных диаграмм обмена информацией между микроконтроллером и датчиком, преодоления трудностей с расчётом контрольной суммы всё заработало вполне удовлетворительно.

Светодиоды HL1 и HL2, управляемые с выходов PD6 и PD5 микроконтроллера, сигнализируют о текущем состоянии радиосенсора вспышками длительностью около 10 мс. Вспышки светодиода HL2 синего свечения показывают, что радиосенсор работает нормально. Светодиод HL1 красного свечения вспыхивает при отсутствии радиосвязи с головным устройством. Если связи нет более десяти минут, программа устанавливает на выходе PD2 микроконтроллера низкий логический уровень напряжения. В результате конденсатор C2 разряжается через правый по схеме диод сборки VD1 и резистор R3. Это приводит к установке микроконтроллера в исходное состояние и перезапуску его программы.

Для управления радиомодулем U1 использован интерфейс SPI (выводы PB3—PB5 микроконтроллера). На выводах PB0 и PD7 формируются сигналы выбора кристалла радиомодуля и запуска передачи информации. На вход PB1 поступает сигнал готовности информации, принятой от головного устройства.

Программируют микроконтроллер DD1 через разъём XP1. Назначение контактов этого разъёма и перемычки S1 такое же, как в головном устройстве. Коды из имеющегося в приложении файла Internalsensor.hex загружают в память программ микроконтроллера, а из файла Internalsensor.eep — в его EEPROM. Конфигурация микроконтроллера должна соответствовать **табл. 3**.

Чертёж печатной платы радиосенсора температуры и влажности в помещении показан на **рис. 18**, а размещение деталей на ней — на **рис. 19**. Под радиомодуль U1 рекомендую подложить тонкую изолирующую прокладку, не перекрывая ею контактные площадки для пайки выводов модуля.

Эта плата рассчитана на установку большинства деталей для поверхностного монтажа. Резисторов типоразмера 1206 и конденсаторов следующих типоразмеров: C1 — 7343, C3 — 3216, остальных — 0805. Вилка XP1 — PLD-6, вилка XP2 — PLS-3. Выводы розетки

Окончание.
Начало см. в "Радио", 2019, № 3, 4

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

XS1 PBS-4 припаивают к предназначенным для них контактным площадкам "внакладку". Для установки перемычки S1 использована вилка PLS-2.

Блок питания радиосенсора выполнен по показанной на **рис. 20** классической схеме с понижающим трансформатором T1, мостовым выпрямителем на сборках диодов Шоттки VD1 и VD2, сглаживающим конденсатором C1. Резистор R1 — своеобразный предохранитель. Стабилизирует выходное напряжение 3,3 В интегральный стабилизатор DA1.

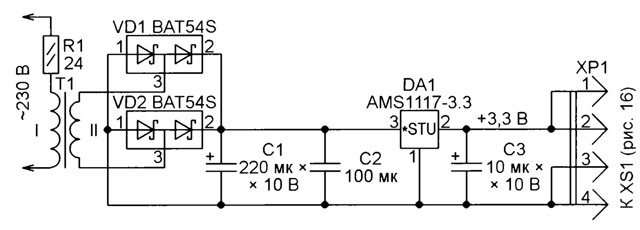
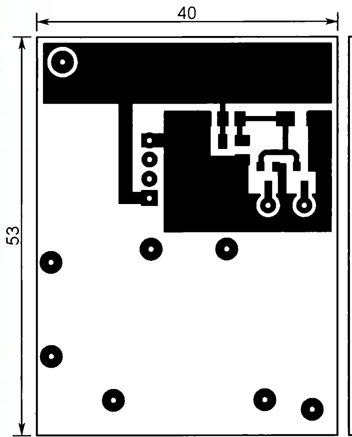


Рис. 20



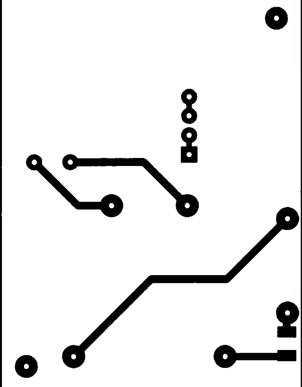
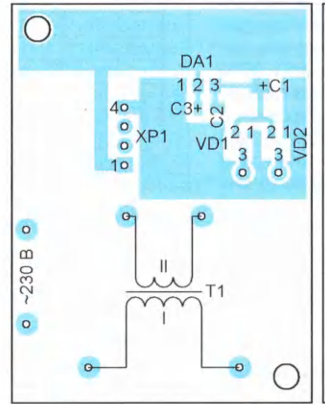


Рис. 21



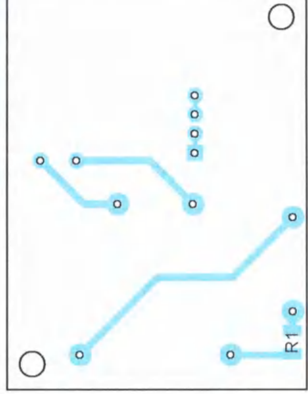


Рис. 22

На **рис. 21** изображён чертёж печатной платы блока питания, на **рис. 22** — расположение деталей на ней. Теплоотводящий фланец интегрального стабилизатора DA1 припаян к сплошной области фольги, соединённой с общим проводом.

Плата блока питания рассчитана на установку алюминиевого оксидного конденсатора C1, конденсатора C2 типоразмера 0805, конденсатора C3 типоразмера 3216, резистора R1 типоразмера 1206. Все они — для поверхностного монтажа. Трансформатор T1 — TRG1-6V (аналог ТПГ-2). Его рекомендую устанавливать на плату в последнюю очередь.

Датчик BK1 (см. рис. 17) помещён в корпус от старого реле РСМ-2, в котором ножовкой сделаны пропилы для вентиляции. Для соединения с платой радиосенсора использован экранированный двухпроводный кабель длиной около 30 см, оснащённый розеткой BLS-3.

Для радиосенсора был подобран корпус от сетевого адаптера подходящих размеров. Плата блока питания установлена в нём так, чтобы через отверстие, просверленное в верхней части корпуса и закрытое полупрозрачным колпачком, были видны светодиоды HL1 и HL2.

После установки платы в корпус и её соединения с имеющейся на корпусе сетевой вилкой рекомендую мультиметром в режиме измерения сопротивления на максимальном пределе проверить изоляцию первичной обмотки трансформатора T1 от вторичной. Убедившись в её надёжности, наденьте розетку XS1 платы управления на вилку XP1 блока питания и подключите датчик. Включив радиосенсор в сетевую розетку, измерьте постоянное напряжение между двумя фольгированными областями на стороне установки деталей платы блока питания. Оно должно быть около 3,3 В.

Перед загрузкой программы в микроконтроллер DD1 решите, должна ли быть установлена или снята перемычка S1. Как и при программировании микроконтроллера, на основной плате часов-метеостанции это зависит от особенностей используемого программатора.

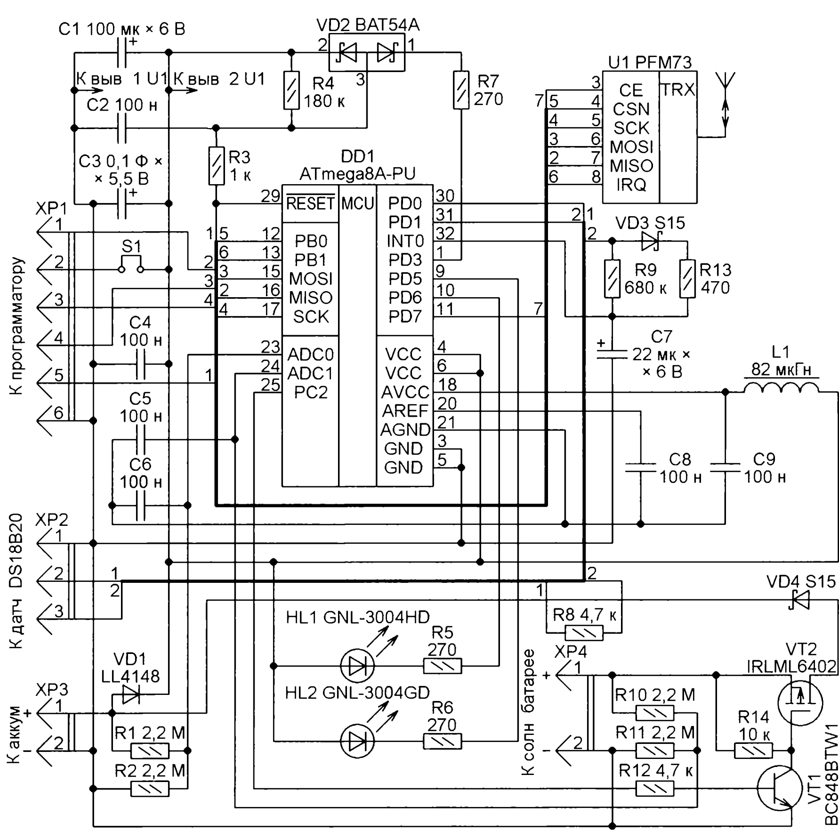


Рис. 23

Перед подключением программатора к вилке XP1 платы управления радиосенсор необходимо отключить от сети ~230 В, подключить программатор и затем снова подключить радиосенсор к сети. По окончании загрузки программы должен начать мигать с периодом около 5 с светодиод HL1. Когда радиосенсор установит связь с головным устройством, станет мигать светодиод HL2. При этом на ЖКИ головного устройства, если оно включено, должны отобразиться измеренные радиосенсором значения температуры и влажности воздуха внутри помещения.

Отключив радиосенсор от сети, отсоедините от него программатор и закройте корпус крышкой. Чтобы обеспечить достоверность результатов измерения температуры и влажности, устанавливайте радиосенсор и его датчик подальше от нагревательных и других бытовых приборов, выделяющих тепло, и там, где не ожидаются сквозняки.

Радиосенсор датчика температуры вне помещения

Схема этого радиосенсора изображена на **рис. 23**. Его особенность — автономное питание от аккумулятора, подзаряжаемого от солнечной батареи. Датчик температуры BK1, солнечную батарею GL1, GL2 и аккумулятор G1 подключают по схемам, показанным на **рис. 24**.

Микроконтроллер DD1, конфигурация которого также соответствует

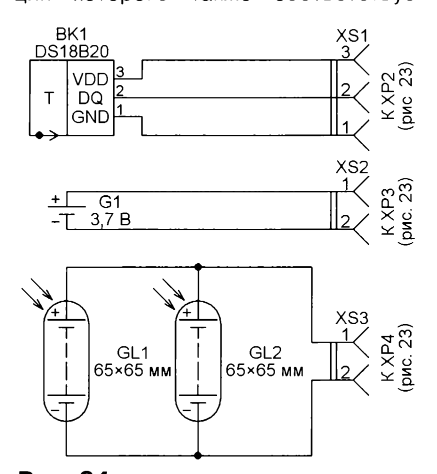


Рис. 24

табл. 3, тактируется внутренним RC-генератором. Датчик температуры BK1 питается напряжением высокого логического уровня, установленным на выходе PD1 микроконтроллера, по линии PD0 происходит обмен информации между датчиком и микроконтроллером. Светодиоды HL1 и HL2 отображают текущее состояние радиосенсора.

Программа запускает измерение температуры датчиком DS18B20 (BK1), затем считывает его результат, измеряет напряжение аккумулятора G1 и управляет процессом его зарядки от солнечной батареи GL1, GL2. После нескольких циклов измерения происходят обработка накопленной информации и её передача с помощью радиомодуля U1 по локальной радиосети основному устройству для отображения на ЖКИ.

Для экономии энергии, запасённой в аккумулятор G1, большую часть времени микроконтроллер DD1 находится в "спящем" режиме со средним током потребления около 500 мкА. Продолжительность непрерывного "сна" — около 10 с, она зависит от постоянной времени цепи R9C7. Пока идёт обмен информацией с головным устройством по радиоканалу, конденсатор C7 быстро заряжается через диод VD3 и резистор R13 практически до напряжения питания.

Перед переходом микроконтроллера в "спящий" режим напряжение на выводе PD1 микроконтроллера становится нулевым и остаётся таким во время "сна". Поэтому датчик температуры перестаёт потреблять ток, а конденсатор C7 медленно разряжается через резистор R9. Когда уровень напряжения, поступающего с конденсатора C7 на вход INT0, становится логически низким, формируется запрос прерывания, который "пробуждает" микроконтроллер.

Обработка этого запроса вновь запускает процесс измерения температуры, напряжения аккумулятора, подаваемого через делитель R1R2 на вход ADC0, и напряжения солнечной батареи, подаваемого через делитель R10R11 на вход ADC1. Выполнив три цикла измерений, программа усредняет их результаты и передаёт информацию по интерфейсу SPI в радиомодуль U1.

Если напряжение солнечной батареи достаточно для зарядки аккумулятора, высокий уровень с выхода PC2 открывает транзисторы VT1 и VT2, соединяя солнечную батарею через диод VD4 с аккумулятором. Когда напряжение аккумулятора достигает 4,2 В, зарядка прекращается установкой низкого уровня на выходе PC2. При напряжении аккумулятора ниже 4,1 В она снова будет включена.

Обмен информации с радиомодулем U1 идёт через встроенный в микроконтроллер адаптер SPI (линии MOSI, MISO, SCK). На выходах PB0 и PD7 формируются сигналы выбора радиомодуля и запуска передачи информации в радиосеть, на вход PB1 поступает сигнал о приёме информации от головного устройства. Программируют микроконтроллер через разъём XP1.

Своё текущее состояние радиосенсор отображает короткими (около 10 мс) вспышками светодиодов HL1 и HL2 соответственно красного и зелёного свечения, подключённых к выходам PD6 и PD5 микроконтроллера. Зелёная вспышка означает нормальное состояние устройства. Красная вспышка одновременно с зелёной показывает, что устройство работает нормально, но не идёт подзарядка аккумулятора. Это обычное состояние в вечернее и ночное время или в пасмурную погоду с осадками. Красная вспышка без зелёной означает нарушение радиосвязи с головным устройством. Если она отсутствует более десяти минут, программа устанавливает низкий уровень на выходе PD3, что приводит к её перезапуску, поскольку за счёт разрядки конденсатора C2 через правый по схеме диод сборки VD2 и резистор R7 на входе RESET микроконтроллера формируется импульс его установки в исходное состояние.

Напряжение питания радиомодуля U1 не должно превышать 3,6 В. Поскольку максимальное напряжение аккумулятора 4,2 В, его избыток гасит диод VD1. Но довольно большое динамическое сопротивление диода приводит к провалам напряжения питания во время работы передатчика модуля U1, что вызывает сбои радиосвязи. Экспериментально установлено, что для устранения таких сбоев после диода VD1 необходим конденсатор ёмкостью не менее 5000 мкФ. Было решено установить здесь ионистор C3 ёмкостью 0,1 Ф.

Чертёж печатной платы модуля изображён на **рис. 25**, а расположение деталей на ней — на **рис. 26**. Для крепления платы в имеющиеся по её углам отверстия вставлены и развальцованы резьбовые втулки M2,5×3,5 мм.

Плата рассчитана на установку деталей в основном для поверхностного монтажа — резисторов типоразмера 1206, конденсаторов типоразмера 0805. Конденсатор C7 — типоразмера 3528, конденсатор C1 — алюминиевый, ионистор C3 — DA 5R5 104 [7]. Пары резисторов R1, R2 и R10, R11 должны быть подобраны с различием сопротивления образующих их резисторов не более 0,5 %, что вполне реально, если они из одной партии. Дроссель L1 — SDR0703. Разъёмы для подключения датчика XP2 и солнечной батареи XP4 — однорядные угловые вилки PLS-2R, разъём XP1 — двухрядная угловая вилка PLD-6R. В качестве XP3 и колодки для перемычки S1 применены прямые вилки PLS-2.

Все окна моей квартиры, где установлены часы-метеостанция, выходят на солнечную сторону. Это, несомненно, хорошо, поскольку даёт возможность использовать солнечную энергию для зарядки аккумулятора. Но солнечные батареи от садовых светильников не оправдали ожиданий. В пасмурную погоду они не восполняли даже ночной расход электроэнергии. Приемлемые результаты были получены при использовании двух солнечных панелей размерами 65×65 мм, соединённых параллельно.

Нужно отметить, что в пасмурную погоду с осадками эффективность солнечной батареи резко падает. Увеличение числа образующих её панелей — малоэффективное решение. Экспериментально было проверено, что ёмкости применённого аккумулятора вполне хватает на работу без подзарядки в течение десяти дней, за это время погода может измениться. В крайнем случае аккумулятор можно периодически снимать и заряжать отдельно или использовать аккумулятор большей ёмкости для более длительной работы без подзарядки.

В радиосенсор был переделан настольный светодиодный светильник с автономным питанием. В нижней части его подставки имеется батарейный отсек с крышкой. Здесь я закрепил плату радиосенсора. Подставка соединена с плафоном гибким металлическим

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

рукавом. Из плафона я удалил светодиоды и приклеил к нему две соединённые параллельно солнечные панели GL1 и GL2. Провода МГТФ, припаянные к панелям, пропустил сквозь рукав и припаял к ним разъём BLS-2 (XS3 — на рис. 24). В батарейном отсеке разместил литий-полимерный аккумулятор G1 и сделал отверстие для разъёма BLS-2 (XS2 — на рис. 24).

То, что окна выходят на солнечную сторону, создало некоторые сложности с измерением наружной температуры. После опробования нескольких конструкций держателей датчика вне помещения стало ясно, что независимо от конструкции необходимо устанавливать датчик там, где его хорошо обдувает воздух, двигающийся в любом направлении. Найти такое место вблизи многоэтажного дома очень сложно. Когда ветер дует вдоль дома, показания датчика соответствуют реальной температуре воздуха даже в самую жаркую погоду. Но если дом перекрывает путь создаваемому ветром потоку воздуха, то нагрев стены солнцем летом и утечка тёплого воздуха из окон нижних этажей зимой искажают показания датчика температуры, завышая их на 1...3 °С.

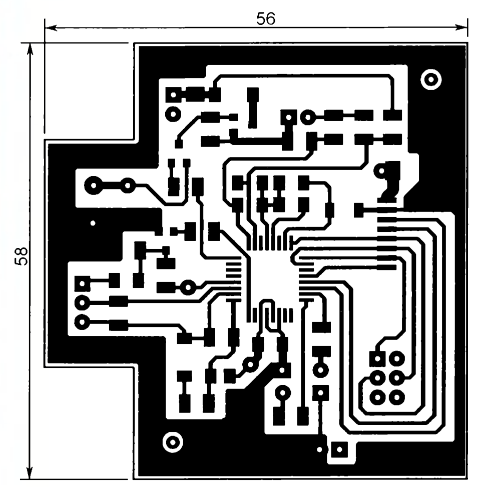
Окончательно для установки датчика была изготовлена простая и лёгкая трубчатая конструкция (см. рис. 2). Алюминиевый лист толщиной 0,5 мм свёрнут в спиральный рулон с внешним диаметром 40 мм. Получилось четыре слоя с зазором между ними 5 мм, длина внешнего слоя — 80 мм, каждый следующий короче предыдущего на 20 мм. Для создания между слоями зазоров на краях внутренних слоёв сделаны надрезы треугольной формы, участки между ними отогнуты и упираются вершинами в соседние слои. Внутрь этой спирали вставлен алюминиевый стакан от оксидного конденсатора подходящих размеров. В него помещён датчик температуры DS18B20 с припаянными к его выводам проводами МГТФ-0,1 соединительного кабеля, обязательно промаркированными на другом конце. Стакан с датчиком залит горячей массой из клеевого пистолета.

Длина кабеля — 1,5 м. Его провода помещены в изолирующую трубку диаметром 2,5 мм. На противоположном датчику конце кабеля установлен разъём BLS-3 (XS1 — на рис. 24).

Поскольку для измерения напряжения использован АЦП микроконтроллера DD1, необходимо измерить точное значение образцового напряжения этого АЦП и записать его в EEPROM микроконтроллера. Этот процесс был описан ранее для микроконтроллера головного устройства. Цифровым мультиметром нужно с точностью до милливольта измерить напряжение на конденсаторе C8, который подключён между выводами 20 и 21 микроконтроллера, и запомнить это значение. Затем открыть файл Externalsensor.eep с помощью, например, программы "Блокнот" Windows или другого текстового редактора. Если в файл ранее не вносились изменения, его первая строка соответствует образцовому напряжению 2530 мВ (0x09E2) и выглядит так:

```
:05000000E209000022EE
```

Нужно преобразовать измеренное значение образцового напряжения (в милливольтах) в шестнадцатеричную систему счисления и заменить им старое значение в этой строке. После этого останется скорректировать контрольную сумму строки, как это было описано ранее, и сохранить файл Externalsensor.eep с внесёнными изменениями.



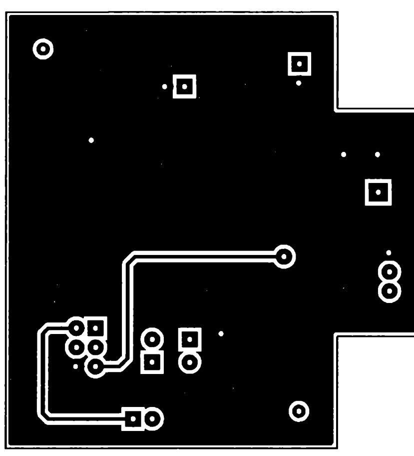
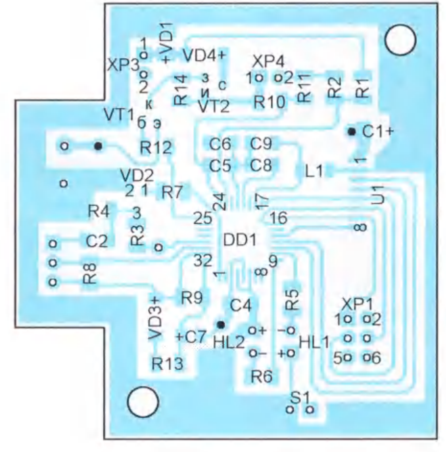


Рис. 25



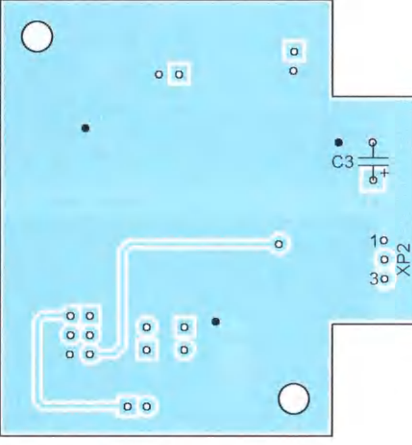


Рис. 26

Перед загрузкой в микроконтроллер программы необходимо зарядить аккумулятор G1 и подключить его к разъёму XP3 платы, далее подключить датчик температуры к разъёму XP2. О перемычке S1 было сказано выше. Если в программаторе нет функции автоматического согласования уровней, её нужно удалить.

Подключив к разъёму XP1 программатор, загрузите коды из файла Externalsensor.hex в программную память микроконтроллера, а из файла Externalsensor.eep — в его EEPROM. По завершении загрузки должен начать мигать с периодом около 10 с светодиод красного свечения (HL1). После установки связи с головным устройством мигает светодиод зелёного свечения (HL2), а на ЖКИ головного устройства отображается значение внешней температуры, обозначенное символом зонта.

Необходимо проверить систему зарядки аккумулятора от солнечной панели. Литий-полимерные аккумуляторы имеют встроенную защиту от перезарядки, которая отключает зарядку при напряжении 4,3...4,4 В. Но это уже аварийное отключение. Рекомендуется прекращать зарядку при напряжении 4,2 В.

Для проверки необходимы регулируемый источник постоянного напряжения и мультиметр. Временно отключите аккумулятор от радиосенсора и подайте на разъём XP3 от регулируемого источника напряжение 3,8...4 В, соблюдая полярность. Подключите солнечную батарею к разъёму XP4 и положите её на место, освещённое солнцем, или под настольную лампу. Напряжение на солнечной батарее должно быть больше, чем напряжение источника питания.

Дождитесь мигания только светодиода HL2 и подключите плюсовой щуп мультиметра к выводу резистора R12, соединённому с выводом PC2 микроконтроллера, а минусовый щуп — к

Приём статей: mail@radio.ru Вопросы: consult@radio.ru

общему проводу. Напряжение здесь должно иметь высокий логический уровень, что означает включённую зарядку аккумулятора.

Накройте солнечную батарею каким-нибудь светонепроницаемым материалом и дождитесь одновременного мигания светодиодов HL1 и HL2, означающего, что зарядка аккумулятора прекращена. Уровень напряжения на выводе PC2 станет низким, что отключит солнечную батарею от аккумулятора.

Откройте солнечную батарею и дождитесь появления напряжения высокого уровня на выводе PC2 и мигания только светодиода HL2. Плавно увеличивая напряжение регулируемого источника до 4,2 В или чуть больше, дождитесь низкого уровня напряжения на выводе PC2, что прекратит зарядку. При этом светодиод HL2 продолжит мигать. Установите напряжение регулируемого источника ниже 4,1 В и дождитесь включения зарядки.

На этом налаживание радиосенсора можно завершить и произвести его окончательную сборку с подключением солнечной батареи и аккумулятора. Установите радиосенсор у окна там, где его солнечная батарея в течение дня будет максимальное время освещена солнцем. Поверните батарею так, чтобы её активная поверхность была преимущественно перпендикулярна направлению освещения. Датчик температуры вынесите за пределы помещения и закрепите в выбранном для него месте. В завершение проделанной работы убедитесь в устойчивой связи радиосенсора с головным устройством.

ЛИТЕРАТУРА

6. MTH02A datasheet. — URL: **https://www.elecrow.com/download/MTH02A%20DATASHEET.pdf** (31.12.2018).

7. DA series. — URL: **https://www.compel.ru/item-pdf/c4b3ec932dc1205d07e62b516c04ce89/ps/korchip~da.pdf** (01.01.19).

__От редакции__. GERBER-файлы печатных плат радиосенсоров и программы их микроконтроллеров имеются по адресу ***http://ftp.radio.ru/pub/2019/05/CL-MET3.zip*** *на нашем сервере.*

ОБМЕН ОПЫТОМ

Пробник для проверки светодиодов и их линеек

В. ФЁДОРОВ, с. Октёмцы, Республика Саха

При ремонте светодиодной подсветки экрана ЖК-телевизора требуется специальный блок питания с регулировкой выходного напряжения. Я предлагаю взамен него простой пробник на основе лампы накаливания 230 В, 15 Вт от холодильника. Если включить в электросеть последовательно с такой лампой хоть один светодиод, хоть несколько их линеек, светодиоды будут светиться. Если, конечно, они исправны. Лампа послужит ограничителем и стабилизатором текущего через них тока. Но такой простейший пробник имеет два недостатка. Во-первых, проверяемые светодиоды подвергаются воздействию опасного для них обратного напряжения. Во-вторых, холодная нить накаливания лампы имеет в несколько раз меньшее сопротивление, чем горячая светящаяся. Поэтому в первое после подключения пробника к светодиодам время через них течёт ток, намного больший установившегося, что тоже опасно.

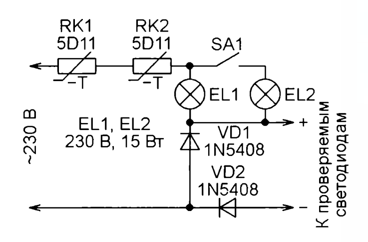


Рис. 1

По этим причинам в пробник, схема которого изображена на **рис. 1**, добавлены диоды VD1, VD2, защищающие светодиоды от обратного напряжения, и терморезисторы с отрицательным ТКС, устраняющие начальный бросок тока. При необходимости параллельно лампе накаливания EL1 можно подключить выключателем SA1 ещё одну такую же лампу. Это увеличит текущий через светодиоды ток в два раза.

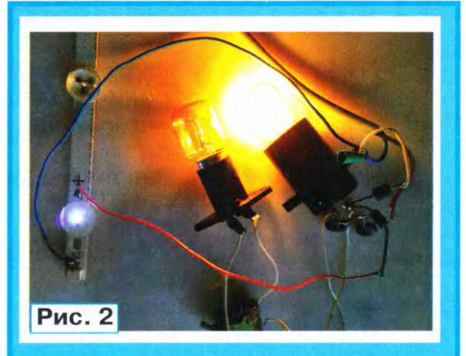


Рис. 2

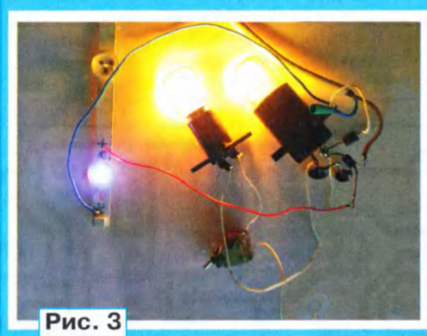


Рис. 3

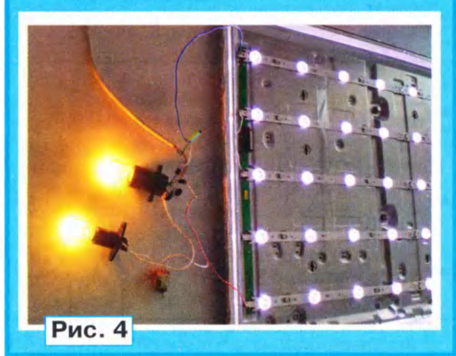


Рис. 4

Описанным пробником была проверена светодиодная панель подсветки экрана ЖК-телевизора. При проверке одного светодиода при одной включённой лампе (**рис. 2**) ток через него, измеренный последовательно включённым мультиметром, был равен 28,4 мА, а падение напряжения на светодиоде — 1,4 В. Подключение второй лампы (**рис. 3**) увеличило ток до 57,6 мА, а падение напряжения — до 1,45 В. При проверке всего табло подсветки из 45 светодиодов (**рис. 4**) были получены значения 16 мА, 52 В с одной лампой и 30,4 мА, 53,6 В с двумя лампами.

Увеличить или уменьшить ток через светодиоды можно применением ламп накаливания другой (большей или меньшей) мощности. Заметное на глаз мигание светодиодов можно уменьшить, заменив диод VD1 выпрямительным мостом и включив проверяемые светодиоды в его выходную диагональ, а диод VD2 исключив. В результате не только мигание станет менее заметным, но и при прежней мощности ламп средний ток через светодиоды возрастёт приблизительно вдвое.

__От редакции__. Автор измерял ток светодиодов и напряжение на них обычными приборами постоянного тока, показывающими среднее значение измеряемой величины. Поскольку при однополупериодном выпрямлении ток течёт через светодиоды только в положительных полупериодах сетевого напряжения, нужно иметь в виду, что фактические пиковые значения импульсов напряжения и тока в два-три раза больше полученных им результатов.

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

НАША КОНСУЛЬТАЦИЯ

ИЛЬИН О. Сигнализатор обледенения. — Радио, 2010, № 8, с. 40, 41.

Печатные платы.

Чертежи печатной платы электронного блока передающего устройства и расположение элементов, кроме выключателя SA1, светодиода HL1 и оптического излучателя BI1, приведены на **рис. 1.**

Чертежи печатной платы электронного блока приёмного устройства и расположение элементов, кроме фотодиода VD1, светодиодов HL1и HL2, выключателя SA1 и звукового излучателя HA1, приведены на **рис. 2.**

Обратите внимание, что нумерация выводов у микросхем DA1, DA2 на рис. 3 в статье указана для ОУ КР1407УД3 в пластмассовом корпусе 2101.8-1. Печатная плата разработана под ОУ КР1407УД3. При монтаже ОУ 1407УД3 или К1407УД3 в металлическом корпусе 301.8-2 руководствуйтесь нумерацией выводов на приведённом здесь **рис. 3**. Для этих микросхем на рис. 2 в расположении элементов нумерация вывода 1 указана в скобках — (1), при этом все выводы при монтаже установятся в отверстия платы по своему назначению.

Обе платы рассчитаны на установку элементов для монтажа в отверстия. Компаратор DA3 К554СА3 — в пластмассовом корпусе 201.14-1. Конденсаторы С3 (рис. 2 в статье) и С1—С3 (рис. 3 в статье) — керамические, например, К10-17Б, КМ5, КМ6 или импортные; остальные — оксидные К50-35 или импортные. Подстроечные резисторы — СП3-38А или импортные.

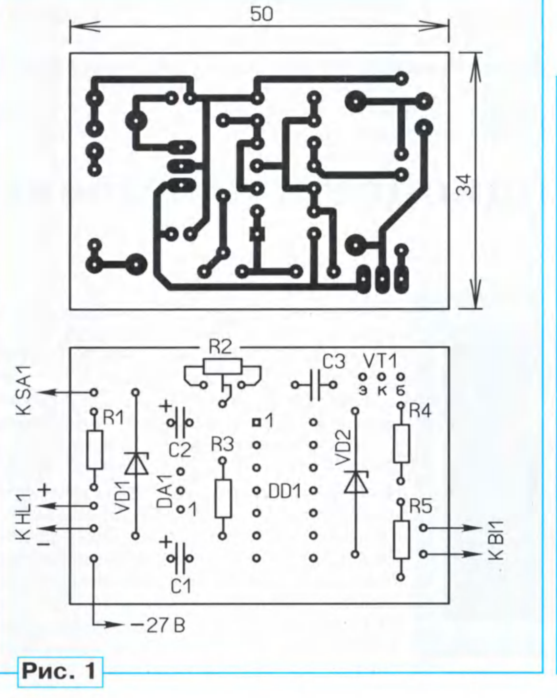
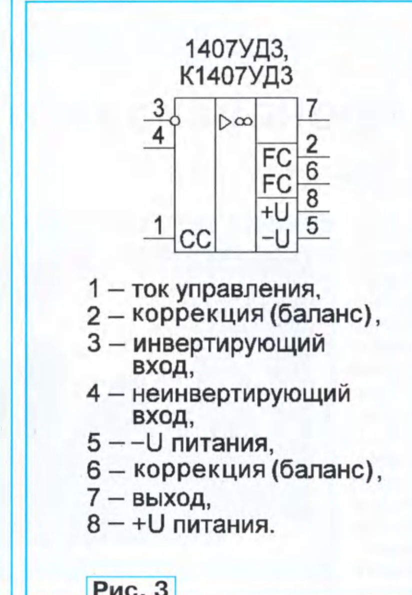


Рис. 1



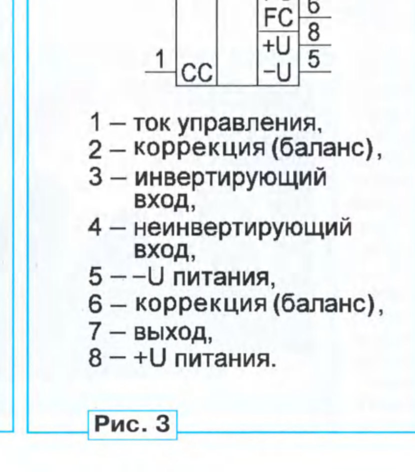
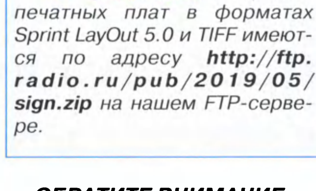
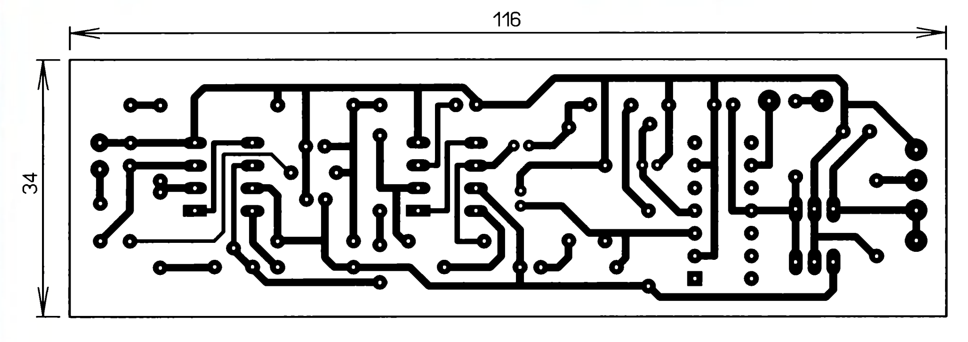


Рис. 3


От редакции. *Чертежи печатных плат в форматах Sprint LayOut 5.0 и TIFF имеются по адресу* ***http://ftp.radio.ru/pub/2019/05/sign.zip*** *на нашем FTP-сервере.*



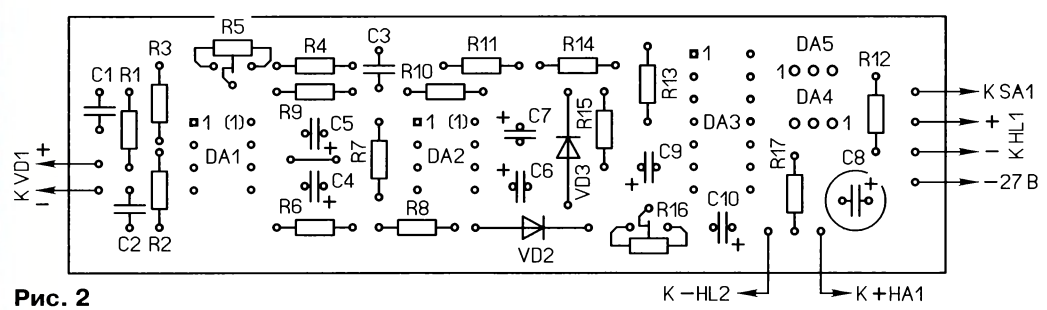


Рис. 2

ОБРАТИТЕ ВНИМАНИЕ

САЛИМОВ Н. Микроконтроллерные наручные часы. — Радио, 2016, № 7, с. 43—45.

Ошибки в программе, табл. 1 и на схеме (рис. 5 в статье).

Обнаружена ошибка в программе Watch88D.asm и, соответственно, в Watch88D.hex. Исправленные версии программы и прошивки микроконтроллера размещены по адресу ***http://ftp.radio.ru/pub/2016/07/watch.zip*** *на нашем сервере.*

В конфигурации микроконтроллера (табл. 1 в статье) допущена ошибка. Разряды, определяющие тактирование микроконтроллера, должны быть такими: CKSEL3=0, CKSEL2=0, CKSEL1=1, CKSEL0=0.

На схеме (рис. 5 в статье) необходимо поменять подключение кнопок SB1 и SB3: кнопка SB1 должна быть подключена к выводу порта PD3, кнопка SB3 — к выводу порта PB2.

После включения питания индикатор не должен светиться. Нажимаем на кнопку SB1 — разряд десятков часов погашен, в остальных разрядах должны индицироваться нули, а разделительное двоеточие — мигать.



Мемориал "Память" — 2018



Традиционно в соревнованиях по радиосвязи, которые организует и проводит редакция журнала "Радио" совместно с Союзом радиолюбителей России, победители получают призы — кубки, плакетки и медали. Их нет только в мемориале "Память", ибо смысл этого мероприятия совсем другой — работой в эфире вспомнить ушедших из жизни радиолюбителей. Здесь важен сам факт участия в нём, а не спортивная составляющая. И ещё важно, что в эфире, пусть хотя бы только в контрольных номерах, вновь прозвучат позывные ушедших от нас коротковолновиков. Именно поэтому в соревнованиях нет призов для победителей, они получают лишь памятные дипломы редакции журнала "Радио".

Среди тех, кто работал телеграфом, наиболее активным был Анатолий Медов (R3EC), участвовавший в мемориале в память о Валентине Васильевиче Маскаеве (R3EM), на втором месте — Александр Ганин (RT3T), который работал в память об Александре Николаевиче Трофимове (UF6CR), на третьем — Евгений Голыничев (R1TE), работавший с клубной радиостанции Боровической ОТШ ДОСААФ (RM1T) в память о Юрии Николаевиче Гаврилове (UA1TAF).

Чермен Гулиев (UA3BL), работавший в память об Александре Сергеевиче Нилове (UA3QO), оказался лучшим среди проводивших связи телефоном, на втором месте — Александр Козарезов (RD3ZO), работавший в память о Вячеславе Михайловиче Мысакове (RK3ZF), на третьем — Василь Арсланов (RA9SF), работавший в память об Ильсуре Натфулловиче Зиннатуллине (R8TR).

У работавших телеграфом и телефоном на первом месте Николай Орехов (RL4A), участвовавший в мемориале в память об Артуре Витальевиче Сиволобове (RW4AA), на втором — Олег Асанов (RK8I), работавший в память о Юрии Владимировиче Шумкине (RQ9I), на третьем — Александр Дудин (UA4AQL), работавший в память о Владимире Геннадьевиче Решетове (UA4AIZ).

Среди коллективных радиостанций наиболее активной была московская команда RN3F, выступавшая в составе Олега Путкова (RK3AW), Сергея Блинова (RZ9SZ) и Виктора Фролова (RW3F). Они работали в эфире в память об Александре Васильевиче Скуридине (RW3AZ). На втором месте — команда коллективной радиостанции Кинель-Черкасской СЮТ RK4HYT (Самарская обл.), работавшая в память об Олеге Анатольевиче Соллогубе (RZ4HL), на третьем — команда RT5G из г. Липецка, которая работала в память о Валерии Фёдоровиче Сучкове (UA3GF).

В минувшем году в мемориале "Память" приняли участие более 150 радиолюбителей. Мы благодарим всех коротковолновиков, кто принял участие в этом мероприятии в эфире и прислал отчёты, для кого слова "память сердца" — это не пустой звук. Технические результаты участников приведены в **таблице** по группам: занятое место, позывной, позывной SK, число связей, итоговый результат.

SINGLE_OP MEMORY CW

1	R3EC	R3EM	132	15740
2	RT3T	UF6CR	134	15477
3	RM1T	UA1TAF	114	13326
4	RM6Y	RA6YA	105	12264
5	R3QA	U3OA	98	11289
6	RQ4D	UA4CK	93	10936
7	EW8OM	EW8MM	92	10486
8	R1NW	RN1NK	88	10411
9	UA3QAM	U3QD	89	10152
10	EV6Z	EW6AX	83	9633
11	RN9RF	UA9RE	77	8927
12	UR2LM	UT5CY	69	8339
13	RW3X	UK8AU	71	8338
14	R3OR	UA3QW	71	7988
15	R7RF	UA6LO	62	7079
16	RV3ZD	RM5Z	56	6393
17	RK3ER	UA3EZ	52	6299
18	UT5IZ	UT6IS	50	5500
19	R8WO	UW9WK	46	5202
20	UA1CUR	UW1BQ	45	5173
21	RL9I	RU9AZ	44	4886
22	RW0AJ	RL7PEO	41	4585
23	UA3X	RA3YR	39	4525
24	RK1NA	RN1NBB	38	4444
25	RL9L	UA0UT	38	4298
26	RA0AR	UF0A	36	4188
27	RN3S	UA3SDT	36	4138
28	R7KA	UB5SP	36	4135
29	UA4YAD	UA4YBA	36	4105
30	RA3TT	UV3TQ	35	4007
31	R1ND	UA1NYL	33	3634
32	US3EW	US4EF	30	3582
33	UT0CK	UR5COV	28	3314
34	R1QE	RU9WZ	30	3313
35	R9XS	DJ1BM	27	3257
36	UA3DER	UA3DLG	27	3205
37	RX3PR	UA3PAD	27	3141
38	RD1T	UA0SY	26	3049
39	OM3BA	OM3IF	23	2677
40	UA4FDL	R4FA	23	2646
41	R5KV	RA6XB	23	2509
42	RN4SS	UA4SDY	18	2030
43	UA0QN	RA0QN	18	2021

44	RW9AV	UA9AB	17	1916
45	UA9XO	UA9XGC	12	1356
46	RQ7R	U5EX	12	1338
47	R3RU	RA3ROU	12	1282
48	UA0SBQ	UA0TU	10	1152
49	RU6MO	UA1ZX	9	1148
50	RX7K	R6KO	9	905
51	G4OGB	G8FW	2	219

SINGLE_OP MEMORY SSB

1	UA3BL	UA3QO	61	7017
2	RD3ZO	RK3ZF	60	6207
3	RA9SF	R8TR	54	5899
4	R9FBM	RA9ACO	53	5853
5	RA9JBA	RA6DO	56	5723
6	RA3DAD	RZ3DSD	50	5475
7	RA1QFU	UA1QR	49	5191
8	UA0SU	JT1AN	41	4407
9	R3KF	RN3KX	37	3877
10	UA9CAW	UA9CI	27	3238
11	RN3B	R7RAA	21	2287
12	RA9UAD	UA9VB	20	2233
13	RA6XPG	RA6XB	18	2172
14	EW8FG	EW8EC	18	2049
15	RA7A	RV6BO	18	1907
16	EW8MZ	EW8RR	19	1892
17	R7RIB	R7RW	19	1861
18	UA6UEK	UA6UW	16	1523
19	RU9SB	RU9SF	14	1320
20	R2EL	R3EX	13	1261
21	UA9CED	UA9COR	9	1143
22	UB3XAV	UA3XAL	10	1066
23	UA6YN	UA6YP	8	822
24	UA3VFS	UA3VGI	12	697
25	RN3FY	R3FB	6	609
26	RA3DQP	RX3AHM	4	471
27	RV9CQ	RA9CPI	3	387
28	UA3ABR	UA3CA	4	313

SINGLE_OP MEMORY MIX

1	RL4A	RW4AA	175	19978
2	RK8I	RQ9I	150	16782
3	UA4AQL	UA4AIZ	122	14052
4	RU3XY	UA3XAN	110	12794
5	RK3DK	RK3DKX	106	12057
6	RA9DZ	RU9CI	101	11699
7	UA9CDC	RW6AN	93	10908
8	UA3VLO	UA6XDI	73	8410
9	UI8C	UA9CI	68	7773
10	UD8A	UA9ARR	65	7379
11	RN4SC	UA4KSA	64	7273
12	EU8F	EW8RT	66	7262
13	RW3AI	UA3AAP	62	7151
14	RA7R	RU6YC	59	7054
15	R3AP	RX1AW	60	6855
16	EU6AA	EW6AQ	57	6516
17	R1NI	UA1NDK	53	5962
18	RU4AN	UA4AQD	39	4534
19	R9QQ	UA9RA	40	4472
20	UA3DLD	RA3DVL	27	3053
21	UN8FM	UN8PA	28	2885
22	US1UU	RL3DZ	25	2880
23	RA0AY	RA0ASB	20	2283
24	RW0UM	RW0JB	19	2189
25	RZ9UO	U9UU	19	2152
26	R2UZ	UA3UAX	18	2128
27	UA0UY	UA0VF	16	1665
28	RK9AK	UW9AF	12	1357
29	R9CD	UA9CDR	10	1195
30	EW8BQ	EW8OB	2	254
31	UA0CHE	UA0CFC	1	125

MULTI_OP MEMORY

1	RN3F	RW3AZ	170	19720
2	RK4HYT	RZ4HL	97	11175
3	RT5G	UA3GF	77	8666
4	RK3SWS	RW3SX	57	6036
5	UA4S	RA4SR	51	6004
6	RN3BL	UA3IJ	35	3672
7	UI9U	U9UU	28	2999
8	RC9MAA	RV9MO	24	2696
9	RK3G	R3GX	13	1371

SINGLE_OP

1	R7MM	123	14601
2	RA3NC	82	9477
3	UA9SMU	75	8335
4	RU9TN	51	5816
5	EW6F	46	5399
6	UA9JNT	43	5126
7	OG7F	34	4013
8	US4I	31	3645
9	UA9CU	25	2816
10	RT2H	24	2622
11	UA3UBT	24	2479
12	R2GB	16	1495
13	RA1QBH	11	1276
14	RD4CAF	10	1096
15	4Z5FW	6	599
16	RU0LL	4	512
17	RM7C	6	389
18	R0JD	1	138

MULTI_OP

1	RC9J	170	18984
2	RK9CYA	58	6841
3	RO9T	27	2906

SWL

1	R9O-11	17	1823

UX1CP — известный довоенный полярный радист

Георгий ЧЛИЯНЦ (UY5XE), г. Львов, Украина

Ленинградец Олег Архипович Куксин (26.04.1912—08.07.1984) был известным полярным радистом, принимавшим участие во многих сложных полярных экспедициях и операциях [1].

По окончании техникума и сдачи государственного экзамена на звание судового радиста в 1932 г. он поступил на работу в Морфлот и был назначен старшим радистом на арктический ледокол (ледорез) "Фёдор Литке".

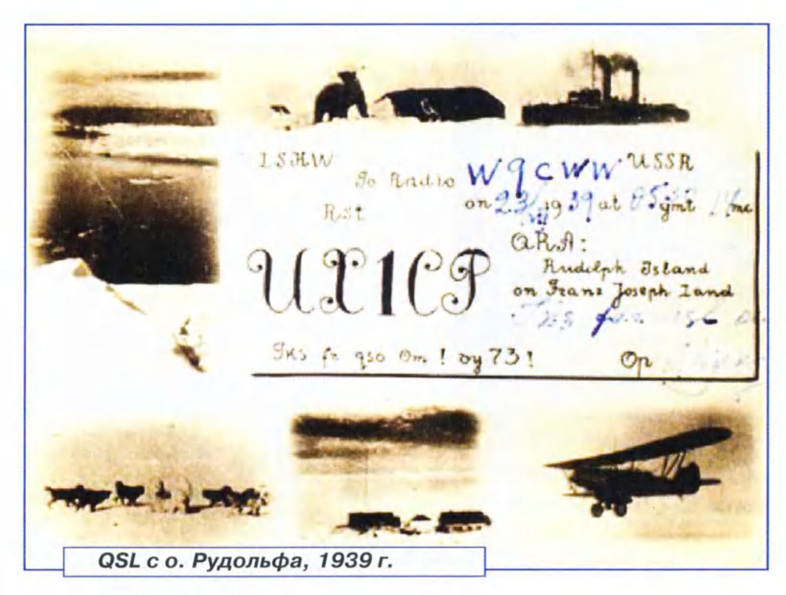
Примечание. Граф Фёдор Петрович Литке (1797—1882) — русский мореплаватель, географ, исследователь Арктики, с 1855 г. — адмирал, с 1864 г. по 1882 г. был президентом Академии наук.

В 1933—1934 гг. "Фёдор Литке" совершил безаварийный поход по Северному морскому пути за одну навигацию из Владивостока в Мурманск и Ленинград (Северо-Восточная экспедиция), который продолжался 83 дня. В 1933 г., находясь в этом походе, "Фёдор Литке" был направлен на спасение затёртого во льдах парохода "Челюскин" (его радистом был Э. Т. Кренкель, который в то время имел позывной U3AA) [2, 3].

В 1934 г. за добросовестный труд радиста "Фёдора Литке" О. А. Куксин получил свою первую правительственную награду — орден Трудового Красного Знамени.



О. А. Куксин (первая половина 30-х годов).



QSL с о. Рудольфа, 1939 г.



О. А. Куксин (конец 30-х — начало 40-х годов).

С 1935 г. Олег Архипович переходит в Балтийское морское пароходство и работает на пароходах "Ветлуга", "Березина" и "Ванцетти".

В 1937 г. начинается новый этап его жизни — работа в системе Управления полярной авиации Главсевморпути.

В августе 1937 г. О. А. Куксин в качестве бортрадиста самолёта "Н-172" (командир — А. Д. Алексеев) участвовал в воздушной экспедиции по розыску пропавшего 13 августа самолёта С. А. Леваневского.

Примечание. Сигизмунд Александрович Леваневский 20 апреля 1934 г. за участие в операции по эвакуации экипажа и пассажиров затонувшего парохода "Челюскин" был удостоен звания Герой Советского Союза (медаль "Золотая Звезда" № 4); Анатолий Дмитриевич Алексеев 27 июня 1937 г. за высадку на лёд экспедиции "Северный полюс" ("СП") был удостоен звания Герой Советского Союза (медаль "Золотая Звезда" № 38).

15 октября 1937 г. Николай Стромилов (U1CR) улетел с о. Рудольфа на Большую Землю, и его место в радиорубке полярной станции занял Олег Куксин (U1CP), продолжая поддерживать регулярную профессиональную связь с радиостанцией экспедиции "СП" с позывным UPOL (вплоть до окончания экспедиции).

С 1939 г. Олег Архипович работал в Московской авиагруппе особого назначения Управления полярной авиации.

С марта 1939 г. и по март 1940 г. О. А. Куксин второй раз находился на о. Рудольфа в качестве бортрадиста самолёта "Н-171" (командир экипажа — Г. К. Орлов), который базировался на острове в целях обеспечения безопасности дрейфа ледокольного парохода "Седов" (продолжительность дрейфа с 20.03.1939 г. по 13.01.1940 г.).

Примечание. Всем пятнадцати членам экипажа ледокольного парохода "Седов", включая радистов Александра Александровича Полянского и Николая Михайловича Бекасова, были присвоены звания Герой Советского Союза.

Всё это время в радиолюбительском эфире регулярно звучал позывной Олега Архиповича UX1CP [3, 4].

Примечание. Буква "Х" в позывном означала "экспериментальная" радиостанция (полевые условия и т. п.).



О. А. Куксин (начало 80-х годов).

В дальнейшем, как бортрадист, О. А. Куксин участвовал во всех высокоширотных экспедициях "Север", в перелётах и спецзаданиях, ледовых разведках в Арктике и в Антарктиде (2-я Антарктическая экспедиция).

В 1941 г. в составе экипажа самолёта В. Н. Задкова Олег Архипович совершил первый перелёт в США (в Сиэтл, через Аляску).

Во время войны О. А. Куксин участвовал в выполнении специальных заданий по доставке боеприпасов, ледовых разведках, проводке транспортных и военных кораблей по Северному морскому пути, переброске боеприпасов в район Ленинграда.

После войны принимал участие в высокоширотных экспедициях "Север-2" и "Север-4" [1].

С 1947 г. О. А. Куксин (U1CP) — член Центрального радиоклуба ДОСААФ [2].

Весной 1949 г. участвовал в высадке групп учёных в тридцати точках Арктики, что значительно способствовало исследованиям Северного полюса, моря Бофорта, морских пространств в районе Аляски, Канады и Гренландии.

За многолетнюю лётную работу по освоению и изучению Арктики, за проявленное мужество и трудовую доблесть во время выполнения специальных заданий Правительства в районе Северного полюса О. А. Куксину в 1949 г. было присвоено звание Герой Социалистического Труда, а его бывшему командиру экипажа самолёта В. Н. Задкову — звание Герой Советского Союза.

С декабря 1956 г. по январь 1957 г. проходила вторая антарктическая научная экспедиция СССР (САЭ), в результате которой в Антарктиде были

основаны две внутриматериковые станции "Восток" и "Комсомольская". О. А. Куксин принимал в ней участие — был бортрадистом в экипаже командира авиаотряда П. П. Москаленко [2].

В общей сложности он налетал более 3 млн км, включая полёты в Заполярье, и провёл в воздухе более 12 тысяч часов [5].

В конце 1960 г. по состоянию здоровья Олега Архиповича сняли с лётной работы и перевели инженером по спецоборудованию в Учебно-тренировочный отряд УПА ГВФ.

Последние десять лет своей жизни О. А. Куксин проживал в Москве и передавал свой опыт и знания на Курсах полярных работников Главного управления Гидрометеослужбы молодому поколению, приезжающему с Севера для обучения радиоделу и метеорологии.

Олег Архипович показал себя высококвалифицированным и грамотным специалистом. Бортрадист первого класса. За время работы внёс много нового в методы авиационной ледовой разведки и в радиосвязь.

Приведу фразу, которой о нём отзывались известные полярные лётчики, с кем ему приходилось летать: "В любых условиях полёта на него можно было положиться, как на самого себя!".



Могильный памятник Куксиных.

А выдающиеся учёные и полярники тех лет отмечали самоотверженность, большое мастерство и выносливость, которые были характерны для его работы.

О. А. Куксин был удостоен государственных наград: золотой медали "Серп и Молот", орденов Ленина, Трудового Красного Знамени, Красная Звезда, "Знак Почёта" (дважды), медали "За Трудовую доблесть" (дважды), "За оборону Советского Заполярья" и др.

Похоронен О. А. Куксин на Кунцевском кладбище.

ЛИТЕРАТУРА

1. Куксин Олег Архипович. — URL: **https://ru.wikipedia.org/wiki/Куксин,_Олег_Архипович** (21.02.2019).

2. **Фролов С.** Полярный радист. — Радио, 1957, № 3, с. 16.

3. **Члиянц Г. (UY5XE), Степанов Б. (RU3AX)**. Листая старые "Call Book" и не только... (1925—1941). — Львов, СПОЛОМ, 2008.

4. UX1CP 1939 Franz Josef Land. — URL: **http://hamgallery.com/qsl/country/FranzJosef_Land/ux1cp.htm** (21.02.2019).

5. Куксин Олег Архипович (1912—1984). — URL: **http://www.polarpost.ru/forum/viewtopic.php?t=3495** (21.02.2019).

Передатчик для межконтинентальных радиосвязей в диапазоне 136 кГц

Александр КУДРЯВЦЕВ (R2IN), г. Москва

В работе [1] был описан усилитель мощности диапазона 136 кГц, с помощью которого за прошедшие годы автору удалось провести связи практически со всеми работающими в этом диапазоне европейскими радиолюбителями. Следующий его шаг — попытаться пробиться "за океан". Для этого изготовлен более мощный передатчик, конструкция которого описана в статье.

Согласно [2], радиолюбителям в нашей стране разрешено иметь в диапазоне 136 кГц до 1 Вт эффективной изотропно излучаемой мощности (EIRP). Расчёты показывают, что с передающими антеннами доступных размеров для этого необходим передатчик мощностью 1...2 кВт. Блок питания такого передатчика напряжением 12...48 В, собранный по традиционной двухтактной схеме, имеет довольно большую массу, да и стоит недёшево.

Я имею опыт создания блока питания напряжением 24 В и мощностью 600 Вт на двух трансформаторах от старых источников бесперебойного питания. Он получился хотя и компактным, но очень тяжёлым. Кроме того, при длительной работе с усилителем [1] на полной мощности в нём сильно нагревались магнитопроводы трансформаторов, а вследствие больших токов наблюдалось заметное тепловыделение во всех силовых цепях.

Импульсные блоки питания мощностью более 1 кВт для радиолюбителя часто недоступны по причине их высокой стоимости. Поскольку рабочая частота преобразователя напряжения такого блока и её гармоники могут оказаться близкими к частоте передатчика, это может привести к затруднениям при проведении радиосвязей. Всё это заставило меня искать другие пути достижения высокой мощности передатчика, используя при этом доступные схемные решения и недорогие комплектующие изделия.

Изучая схемы импульсных блоков питания, я обратил внимание на схожесть функций ряда их узлов, с применяемыми в длинноволновых передатчиках. Если лишить импульсный блок питания выходного выпрямителя, некоторых вспомогательных узлов и заставить его работать на нужной частоте диапазона 136 кГц, должен получиться компактный, лёгкий и мощный передатчик.

Эта идея, конечно, не нова. Известно как минимум две конструкции любительских передатчиков диапазона 136 кГц, построенных по бестрансформаторным схемам с прямым питанием от бытовой сети переменного тока. Это — передатчик [3] мощностью 700 Вт, изготовленный английским радиолюбителем G4JNT по полумостовой схеме, и передатчик [4] мощностью 2 кВт, используемый на радиостанции DK7FC и построенный по полной мостовой схеме. С помощью последнего в диапазоне 136 кГц была достигнута дальность связи более 16000 км. Оба передатчика при всех достоинствах имеют и недостатки. Мощность первого из них недостаточно велика, а у второго отсутствует быстродействующая защита от перегрузки и сквозного тока.

В результате изучения схем этих передатчиков и использования ряда наработок из [5] был спроектирован предлагаемый передатчик, имеющий следующие особенности:

— бестрансформаторное питание от сети ~230 В, на выходную ступень подаётся выпрямленное напряжение около 300 В;

— мостовая резонансная схема выходной ступени на недорогих ключевых полевых транзисторах;

— выходная мощность более 1 кВт при КПД не хуже 80 %;

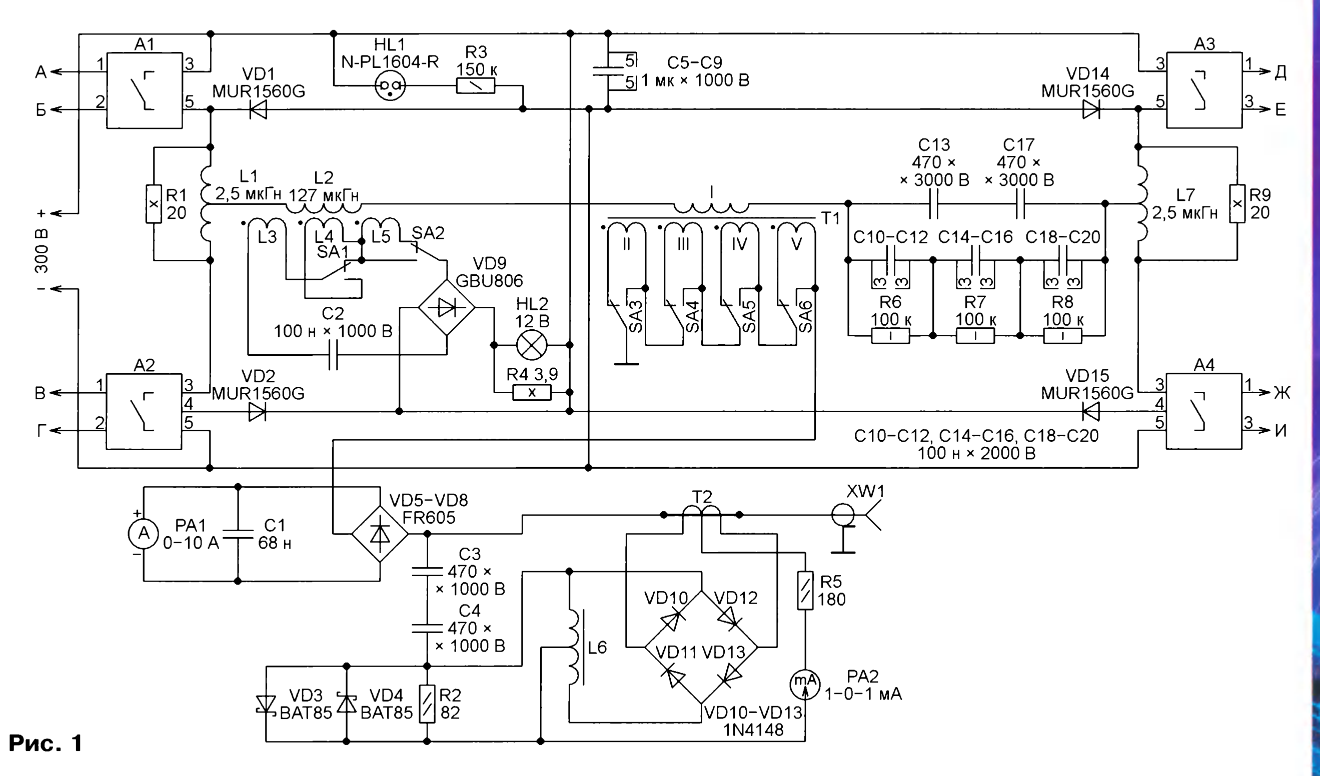


Рис. 1

— защита от перегрузки и сквозного тока;

— недефицитные компоненты.

Схема мостового усилителя мощности передатчика изображена на **рис. 1**. Он состоит из четырёх идентичных ключевых модулей A1—A4 (два в верхних и два в нижних плечах моста). Каждый из них собран по схеме, показанной на **рис. 2**, на двух соединённых параллельно полевых транзисторах VT2 и VT3, затворы которых защищены от пробоя стабилитронами VD3 и VD4. Резистор R8 и конденсатор C1 образуют цепь, подавляющую выбросы напряжения на стоках транзисторов. Для ускорения закрывания транзисторов применено рекомендованное в [5] форсирование разрядки ёмкостей их затворов с помощью узла, состоящего из транзистора VT1, диодов VD1, VD2 и резистора R1. Этот же резистор подавляет паразитные колебания во вторичной обмотке находящегося в блоке управления трансформатора гальванической развязки. Напряжение питания поступает на модуль через плавкую вставку FU1. Варисторы RU1 (дополнительная защита от выбросов напряжения) установлены только в нижних плечах моста — модулях A2 и A4.

Вернёмся к схеме рис. 1. Диоды VD1, VD2, VD14, VD15 — демпфирующие, их подключение в верхних и нижних плечах моста различно. Модули верхних плеч A1, A3 соединены с соответствующими модулями нижних плеч A2, A4 через катушки индуктивности L1 и L7 с отводами от середин. Эти катушки подавляют импульсы сквозного тока, если таковые, несмотря на принятые в узле управления меры, всё же появятся. Вместо мощного импульса сквозного тока возникнет лишь "звон", который не так разрушителен. Катушки зашунтированы демпфирующими резисторами R1 и R9.

Рис. 2

R2 10
R3 10
R6 1 к
VD3 1N4744A
VT2 SG20N50
FU1 20 А
RU1 470 В
VD1 1N4007
VD2 1N4007
R4 10
R5 10
VT1 КТ816А
C1 2200 × × 1600 В
VT3 SG20N50
R1 470
R7 1 к
VD4 1N4744A
R8 3,9

К отводам катушек подключена резонансная система выходной ступени передатчика. Это — последовательный колебательный контур, основные элементы которого — катушка индуктивности L2 и блок соединённых параллельно-последовательно конденсаторов C10—C20. Контур настроен на частоту 137 кГц. Наличие резонансной системы способствует переключению силовых транзисторов в моменты нулевых мгновенных значений тока и напряжения, что уменьшает коммутационные потери и значительно повышает КПД и надёжность усилителя.

Выходной трансформатор T1 выполняет две функции. Он обеспечивает гальваническую развязку между питающей сетью и выходом передатчика, а также согласование с нагрузкой. Этот трансформатор имеет четыре вторичные обмотки II—V, имеющие соответственно 1, 2, 4 и 8 витков. С помощью переключателей SA3—SA6 можно выбрать любой коэффициент трансформации из пятнадцати возможных. Автор использовал и вторичные обмотки с числом витков 2, 3, 4 и 6, получая при этом 13 различных значений коэффициента трансформации.

Когда все переключатели SA3—SA6 переведены в правые по схеме положения, выходная цепь передатчика отключена от трансформатора T1 и соединена с обычно заземлённым внешним контактом выходного разъёма XW1.

Описанный способ коммутации вторичных обмоток позволил отказаться от традиционного мощного многопозиционного галетного переключателя, который дорог и его трудно приобрести. К тому же сделать четыре отдельные обмотки значительно проще, чем отводы от каждого витка одной обмотки.

С вторичных обмоток трансформатора T1 сигнал поступает на измеритель высокочастотного тока нагрузки и далее через фазометр на коаксиальный выходной разъём XW1 передатчика.

Измеритель высокочастотного тока нагрузки (диодный мост VD5—VD8, конденсатор C1, амперметр постоянного тока PA1) собран по схеме, предложенной в [6]. Можно использовать и любой другой вариант, например, такой же, как в [1].

Фазометр измеряет разность фаз тока и напряжения нагрузки, что нужно

для настройки антенной системы в резонанс. Он состоит из конденсаторов C3 и C4, трансформатора тока T2, катушки индуктивности L6, диодов VD3, VD4, VD10—VD13 и миллиамперметра PA2 с нулём посередине шкалы. По отклонению стрелки миллиамперметра в ту или иную сторону судят о ёмкостном или индуктивном характере нагрузки. При чисто активной нагрузке (что соответствует её настройке в резонанс) стрелка остаётся у нуля. Подробное описание фазометра приведено в статье [7].

Реализован узел защиты передатчика от перегрузки, аналогичный применённому в промышленном передатчике длинноволновой навигационной системы Decca. Подробное описание этого узла имеется в [3]. Поверх контурной катушки L2 намотаны дополнительные катушки L3—L5, в сумме содержащие в 4...6 раз меньше витков, чем катушка L2. Через конденсатор C2 и переключатели SA1, SA2 к этим катушкам подключён диодный выпрямительный мост VD9.

По мере уменьшения сопротивления, вносимого нагрузкой через трансформатор T1 в последовательный резонансный контур усилителя, ток в катушке L2 возрастает. Соответственно растёт и переменное напряжение на ней. Оно может достигать единиц киловольт, поскольку добротность нагруженного контура около пяти и увеличивается с уменьшением сопротивления нагрузки. На катушках L3—L5 наводится напряжение, пропорциональное числу их витков, меньшее напряжения на катушке L2. Оно поступает на мостовой выпрямитель VD9, исходно закрытый напряжением питания выходной ступени передатчика.

В отсутствие перегрузки напряжение на заданной переключателями SA1 и SA2 комбинации катушек L3—L5 меньше напряжения питания. Следовательно, ток по этим катушкам не течёт, дополнительные потери в колебательный контур не вносятся. При росте напряжения выпрямитель в какой-то момент будет открыт, и начнётся отбор энергии из колебательного контура. Это эквивалентно увеличению включённого в контур последовательно сопротивления потерь. Порядок расчёта элементов узла защиты можно найти в статье [8].

Мост VD9 нагружен зашунтированной резистором R4 сигнальной лампой накаливания HL2. По яркости её свечения можно судить о степени перегрузки передатчика. Изменяя с помощью переключателей SA1, SA2 общее число витков катушек, подключённых к выпрямителю, устанавливают один из четырёх возможных порогов срабатывания защиты. Чем меньше подключено витков, тем большую мощность сможет развить передатчик. Полностью отключить защиту нельзя.

Описанный узел защиты показал высокую эффективность и надёжность в работе. Он действует мгновенно, в нём ничего не может "зависнуть" или сработать с задержкой. Недостаток — некоторая громоздкость реализации и необходимость применения мощных компонентов.

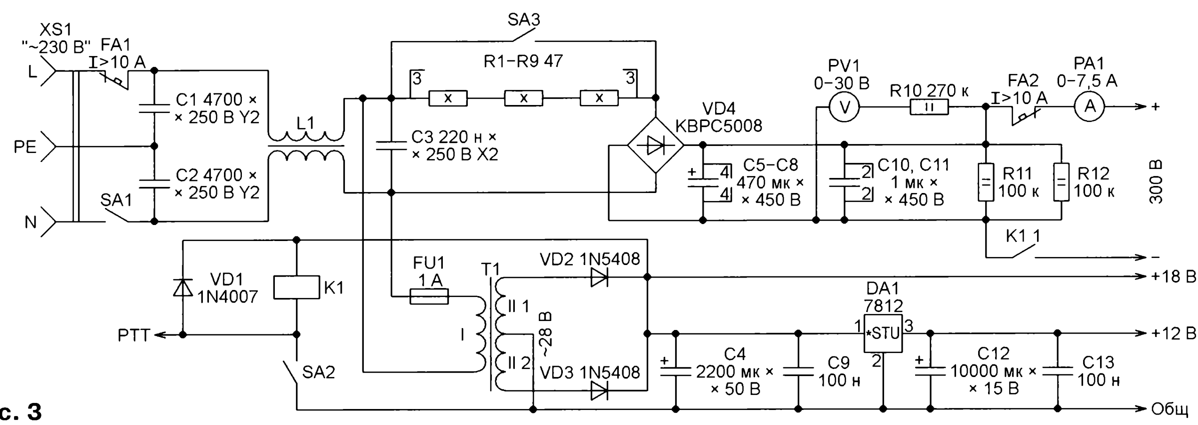


Рис. 3

Схема блока питания передатчика изображена на **рис. 3**. Фильтр из конденсаторов C1—C3 и двухобмоточного дросселя L1 предотвращает проникновение высокочастотных помех из передатчика в питающую сеть. Трансформатор T1 с двухполупериодным выпрямителем на диодах VD2, VD3 и интегральным стабилизатором напряжения DA1 служит для питания блока управления, а также обмотки реле K1. Этим реле управляет сигнал, поступающий из блока управления. Оно подаёт напряжение 300 В на оконечный усилитель. Для ручного включения этого напряжения предназначен выключатель SA2.

Выпрямитель сетевого напряжения собран на диодном мосте VD4. Сглаживающие конденсаторы C5—C8, C10, C11 зашунтированы резисторами R11 и R12, обеспечивающими разрядку конденсаторов после отключения блока от сети. Выходное напряжение 300 В измеряет стрелочный вольтметр PV1. Использован готовый вольтметр с напряжением полного отклонения стрелки 30 В. Сопротивление добавочного резистора R10 подобрано таким, при котором можно увеличить предел измерения до 300 В. При наличии вольтметра на 300 В этот резистор заменяют перемычкой. Ток, потребляемый от выпрямителя сетевого напряжения, измеряет амперметр PA1. Для защиты от замыканий и перегрузок служат автоматические выключатели FA1 и FA2.

Включают блок выключателями SA1 и SA3 в два приёма. Сначала при разомкнутом SA3 замыкают SA1. При этом блок резисторов R1—R9 ограничивает бросок тока зарядки сглаживающих конденсаторов. Затем замыкают выключатель SA3, что позволяет передатчику работать на полную мощность. Разомкнув выключатель SA3, можно в любой момент ограничить выходную мощность передатчика приблизительно до 200 Вт, например, во время его предварительной настройки. При этом блок резисторов будет заметно нагреваться, поэтому продолжительность непрерывной работы в таком режиме не должна превышать нескольких минут.

Чтобы обеспечить электробезопасность, необходимо тщательно следить, чтобы линии питания +300 В и −300 В нигде не имели контакта с общим проводом (корпусом передатчика).

Ответственный узел передатчика — блок управления мостовой выходной ступенью передатчика. Он должен формировать управляющие импульсы такой формы, при которой ключи в модулях A1 и A2 или A3 и A4 никогда не окажутся замкнутыми одновременно, что привело бы к протеканию через них сквозного тока. Для этого между управляющими импульсами предусматривается "мёртвое время", за которое ранее замкнутый ключ успевает разомкнуться раньше, чем замкнётся ранее разомкнутый. Кроме того, необходимо обеспечить симметричное управление обеими диагоналями моста.

Существует большой выбор специализированных микросхем, обеспечивающих решение этих задач. Но нельзя ли обойтись без них? Мне не хотелось "привязываться" к какой-то определённой архитектуре или серии микросхем, поэтому я постарался обойтись микросхемами малой степени интеграции, имеющимися в наличии.

Схема блока управления показана на **рис. 4**. Сигнал от внешнего возбудителя (например, синтезатора, описанного в [9]), работающего на частоте 137 кГц, через коаксиальный разъём XW1 и ФНЧ C2L2C4 поступает на диодный удвоитель частоты T1VD1VD2, а затем на формирователь импульсов, собранный из логических элементов DD1.3 и DD1.4. Импульсы на выходе формирователя несимметричны и следуют с

DD1 К561ЛА7
DD2 К561ТМ2

Рис. 4

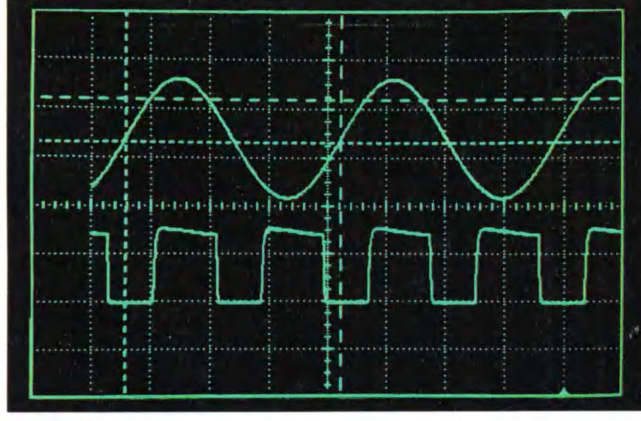


Рис. 5

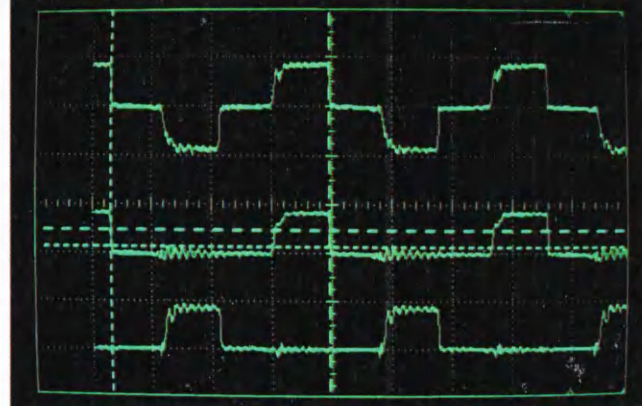


Рис. 6

удвоенной частотой (274 кГц). На **рис. 5** показаны осциллограммы входного синусоидального сигнала и импульсов на выходе элемента DD1.4.

Из этих импульсов счётный триггер DD2.1 формирует две одинаковые, сдвинутые на половину периода следования последовательности импульсов со скважностью 2 и частотой следования 137 кГц. Так происходит при входном сигнале произвольной формы, даже сильно искажённом.

Для введения между импульсами двух последовательностей "мёртвого времени" использованы логические элементы 2И-НЕ DD1.1 и DD1.2. На их нижние по схеме входы сигналы с триггера поступают непосредственно, а на верхние по схеме — через задерживающие цепи R3C8 и R4C9. От постоянной времени этих цепей зависит задержка нарастающих перепадов импульсов на выходах элементов DD1.1 и DD1.2. Благодаря этой задержке и уменьшается длительность формируемых импульсов. Их форма на коллекторах транзисторов VT1 и VT2 показана на **рис. 6** (две нижние осциллограммы, верхняя осциллограмма — их разность).

Было проверено, не изменяется ли "мёртвое время" в зависимости от теплового режима. Для этого узел был прогрет монтажным феном до температуры 70...80 °С. При этом какого-либо заметного изменения длительности и

взаимного расположения импульсов не выявлено.

После усиления транзисторами VT1—VT4 обе импульсные последовательности через трансформаторы гальванической развязки T2 и T3 поданы на соответствующие входы ключевых модулей A1—A4 (см. рис. 1). Согласно расчёту этих трансформаторов, выполненному по методике из книги [5], в каждой их обмотке должно быть приблизительно по 50 витков, что соответствует индуктивности около 1,5 мГн.

Полевые транзисторы VT3, VT4 должны быть с небольшими входной и выходной ёмкостями, например IRF510. Использование более мощных транзисторов IRF540, имеющих намного большие межэлектродные ёмкости, приводит к ухудшению формы перепадов подаваемых на модули A1—A4 импульсов и к уменьшению длительности защитных интервалов.

Для обеспечения мягкого старта в цепь питания усилительных ступеней блока управления введён транзистор VT5. Когда входной сигнал отсутствует, он закрыт, поэтому напряжение питания на усилители импульсов не поступает. При появлении входного сигнала импульсы с выхода элемента DD1.4 через выпрямитель на диодах VD5 и VD6 заряжают конденсаторы C19 и C21. По мере их зарядки транзистор VT6 постепенно открывается, открывая и транзистор VT5. Амплитуда выходных импульсов блока плавно нарастает. Это исключает ударные перегрузки модулей A1—A4. Огибающая выходного сигнала передатчика нарастает, как показано на осциллограмме **рис. 7**, где скорость развёртки 100 мс/дел.

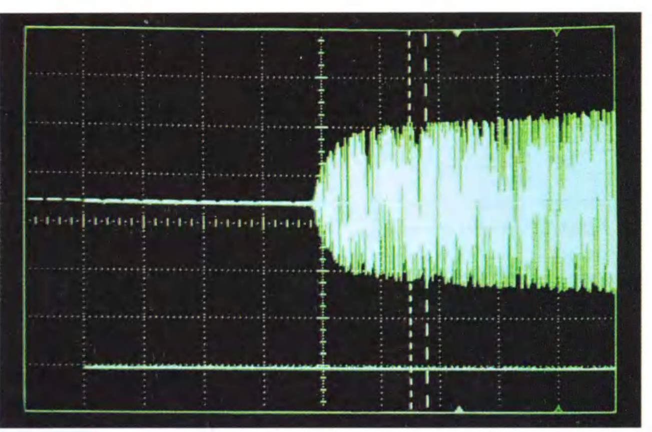


Рис. 7

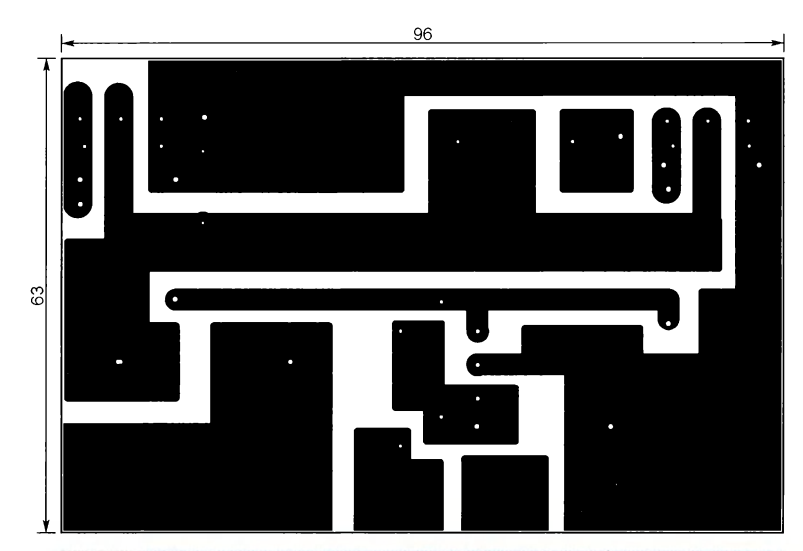
При указанных на схеме номиналах резисторов R20, R23, R24 и конденсаторов C19, C21 продолжительность плавного включения около 0,15 с. Это, конечно, слишком много для работы классическим телеграфом. Если передатчик предполагается использовать для местных QSO, следует уменьшить ёмкость конденсатора C19 до 1 мкФ.

Цепь L1R2C7 и реле K1 предназначены для управления реле K1 в блоке питания, подающим напряжение 300 В на выходную ступень передатчика. Предполагается, что оно срабатывает при низком (нулевом) уровне сигнала PTT, как в синтезаторе [9] и усилителе мощности.

Следует отметить, что если на разъём XW1 блока управления подан фазоманипулированный сигнал (BPSK), то после удвоителя и делителя частоты фазовой манипуляции в нём не станет либо она окажется искажённой. Этот недостаток несколько ограничивает применение описываемого устройства для передачи сигналов BPSK, не получивших, впрочем, широкого распространения на ДВ. Чтобы преодолеть это ограничение, я доработал программу управления синтезатором [9], реализовав в ней плавную инверсию фазы. Все остальные популярные виды связи (QRSS, DFCW, WSPR, OPERA, JT-9 и другие) можно использовать без проблем.

Конструкция и детали

Модули A1—A4 собраны на печатных платах из фольгированного с одной стороны стеклотекстолита. Чертёж печатных проводников такой платы и расположение деталей на ней показаны на **рис. 8**. Все детали устанавливают на стороне печатных проводников. Транзисторы VT2 и VT3 привинчены к установленному под платой ребристому теплоотводу. На тех же теплоотводах вне плат установлены диоды VD1, VD2, VD14 и VD15 (см. рис. 1). При этом диоды, присоединённые к модулям A1 и A3, необходимо изолировать от теплоотводов теплопроводными электроизоляционными прокладками.



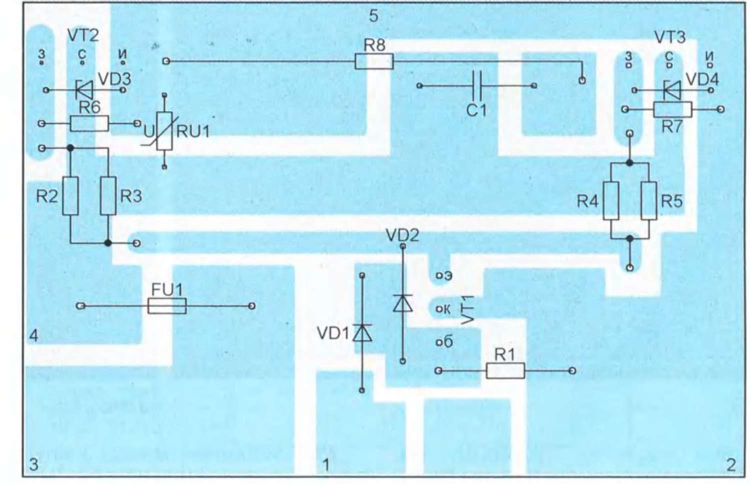


Рис. 8

Как показано на **рис. 9** и **рис. 10**, все четыре модуля закреплены в кассете из изоляционного материала (тексто-

лита) и соединены катушками L1 и L7 (см. рис. 1). Варисторы RU1 — дисковые S20K470 диаметром 20 мм на напряжение 470 В. Их устанавливают только в модули A2 и A4. Во всех модулях вместо транзисторов SG20N50 (500 В, 20 А) можно установить транзисторы IRFP460 с несколько худшими параметрами, а вместо транзисторов KT816A — BD140.

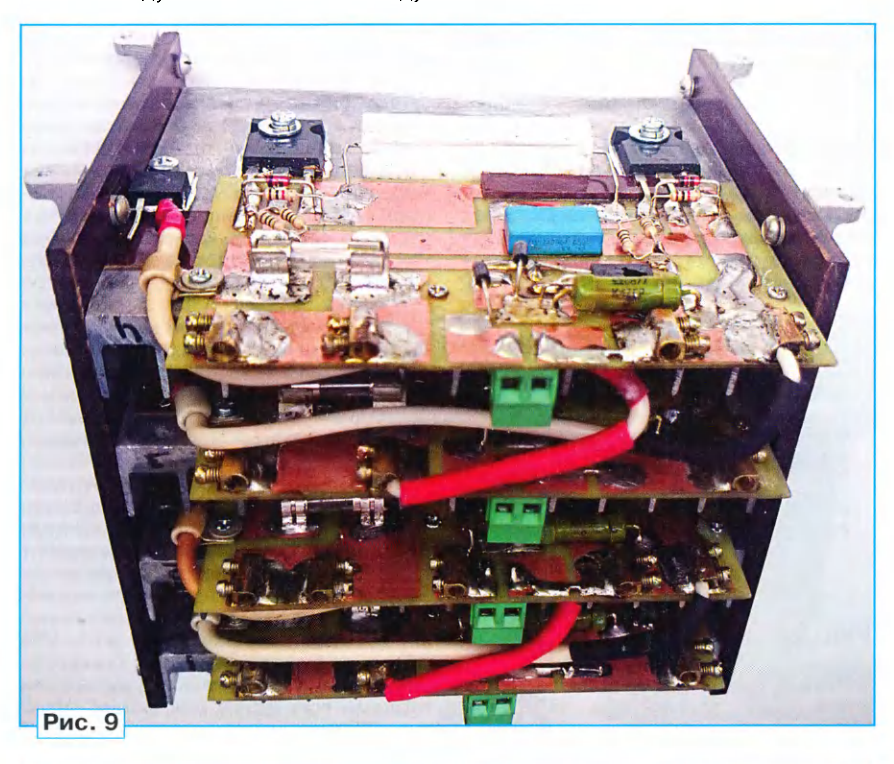


Рис. 9

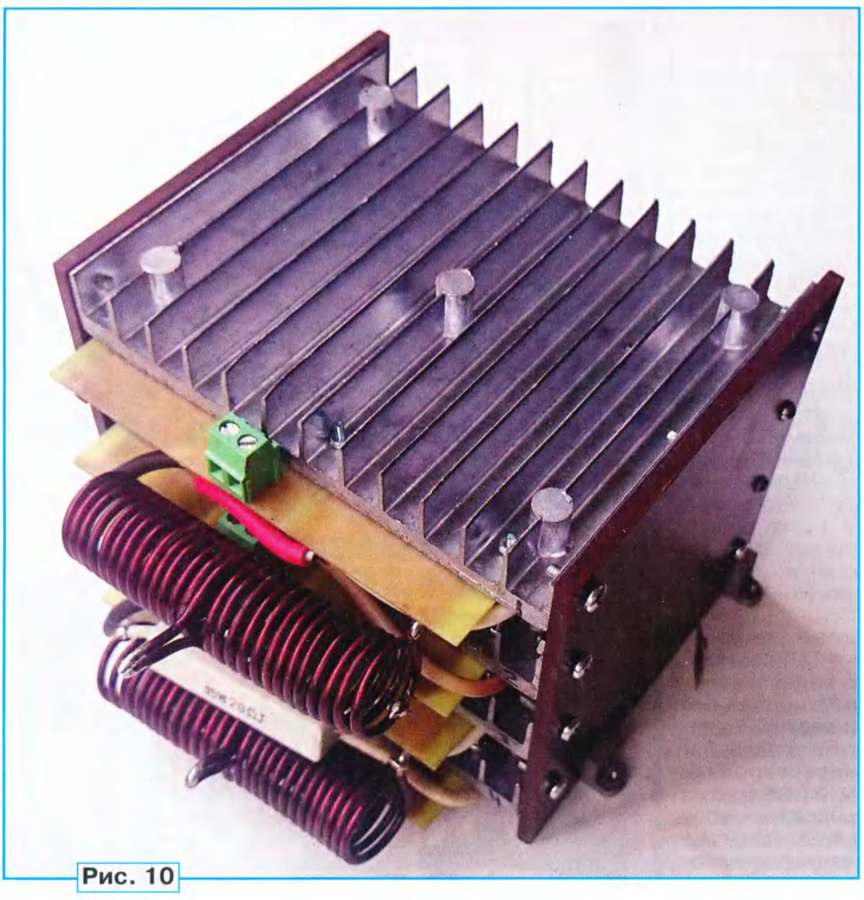


Рис. 10

Диоды VD5—VD8 в измерителе высокочастотного тока должны иметь малую ёмкость, допустимый прямой ток 5...10 А и допустимое обратное напряжение 500...600 В. С увеличением ёмкости этих диодов ухудшается точность измерения тока антенны (показания будут занижены). Амперметр PA1 должен иметь предел измерения 5...10 А, лучше со встроенным шунтом.

Выходной разъём XW1 — UHF7511. Диодный мост — GBU806, который можно заменить на KBPC5008—KBPC5012. Его желательно установить на индивидуальный теплоотвод. Все резисторы мощностью 10 Вт — SQP-10. Остальные — МЛТ или им подобные указанной на схеме мощности. Конденсаторы, за исключением керамических дисковых C13 и C17, — металлоплёночные на указанное на схеме напряжение. Лампа накаливания HL2 — на напряжение 6,3 или 12 В мощностью 2...3 Вт, HL1 — неоновая лампа N-PL1604-R.

Катушки L1 и L7 намотаны на оправке диаметром 16 мм жёстким эмалированным проводом диаметром 2 мм и содержат по 28 витков с отводом от середины. Резисторы R1 и R9 располагают параллельно катушкам и припаивают к их выводам.

Каркас катушки L2 — отрезок пластиковой трубы диаметром 32 мм и длиной 120 мм. Она содержит 116 витков. Для уменьшения собственной ёмкости намотка выполнена четырьмя секциями, по пять слоёв провода в каждой. Секции разделены диэлектрическими шайбами.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Кудрявцев А.** Усилитель мощности диапазона 136 кГц. — Радио, 2013, № 8, с. 60—63.

2. Решение Государственной комиссии по радиочастотам при Минкомсвязи России от 22 июля 2014 г. № 14-26-04 "О внесении изменений в решение ГКРЧ от 15 июля 2010 г. № 10-07-01 (№ 14-26-04)". — URL: **https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70618096/** (25.02.2019).

3. **Talbot A.** A 700-W Switch-Mode Transmitter for 137 kHz. — URL: **http://www.g4jnt.com/137tx.pdf** (08.03.2019).

4. Форум радиолюбителей ДВ. Антенна и передатчик радиостанции DK7FC. — URL: **http://136.su/index.php/topic,99.0.html** (25.02.2019).

5. **Володин В. Я.** Создаём современные сварочные аппараты. — М.: ДМК Пресс, 2011.

6. **Григоров И.** Высокочастотный амперметр. — Радио, 1999, № 11, с. 63.

7. **Moritz J.** LF Tuning Meter for the 136 kHz Band. — URL: **http://www.picks.plus.com/software/LFtunemeter.pdf** (08.03.2019).

8. **Talbot A.** Tank Design and Overload Protection for Switch Mode/ Class D LF Transmitters. — URL: **http://www.g4jnt.com/OverloadProt.pdf** (08.03.2019).

9. **Кудрявцев А.** Возбудитель передатчика диапазона 136 кГц или готовимся к выходу в ДВ эфир. — Радио, 2012, № 9, с. 59—61; № 10, с. 57—60.

(Окончание следует)

Электронный "виброплекс"

Михаил САПОЖНИКОВ, Лод-сити, Израиль

Автор этой статьи не имеет радиолюбительского позывного и не работает в эфире. Однако разработанная им конструкция, вероятно, заинтересует коротковолновиков.

В своё время на страницах журнала "Радио" (1982, № 3, с. 19, 20) была опубликована статья **С. Бунина** "Электронный телеграфный ключ — "виброплекс". Описанный в ней ключ на логических элементах К155ЛА3 и К155ЛА4 имитировал работу популярных в своё время механических полуавтоматических телеграфных ключей, известных под таким названием. При одном положении рычага манипулятора такой ключ выдаёт одну или несколько точек, а при другом — одиночное тире длительностью, равной продолжительности нажатия на рычаг. В те времена я пробовал повторить его, но неудачно.

Уже в наше время мне пришла в голову идея, как собрать подобный ключ на хорошо известном интегральном таймере NE555N. Он был сделан и заработал сразу. Схема этого ключа показана на **рис. 1**.

Чтобы прерывать серию точек, а также для формирования тире, пришлось использовать логические элементы микросхемы DD2.1 и DD2.3. При передаче этого знака работа таймера разрешена, но зарядка конденсатора C2 через резисторы R1 и R2 не происходит, пока рычаг манипулятора не возвращён в нейтральное положение.

Нажатие на рычаг в сторону передачи точек устанавливает на выходе элемента DD2.4 высокий уровень, который разрешает работу таймера. Он выдаёт точку или их серию, пока рычаг остаётся нажатым. Длительность точек и пауз между ними одинакова и регулируется переменным резистором R2. После отпускания рычага элемент DD2.4 устанавливает на разрешающем входе таймера низкий уровень только по окончании формирования знака.

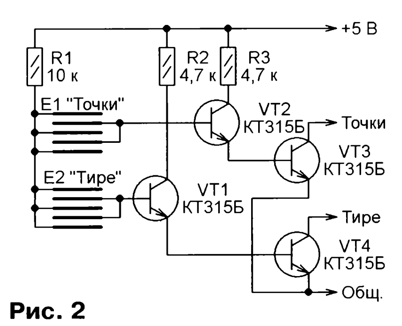


Рис. 2

Вывод 7 таймера использован для управления элементами DD3.1 и DD3.2, с выходов которых снимают имеющие уровни ТТЛ соответственно неинвертированный (нажатие — низкий уровень) и инвертированный (нажатие — высокий уровень) сигналы манипуляции передатчика.

На транзисторе VT1 и логическом элементе DD3.3 собран генератор звуковой частоты. Конденсатор C4 образует цепь положительной обратной связи. Через резистор R3 с выхода таймера поступает сигнал управления генератором. Этот же резистор вместе с конденсатором C4 образует частотозадающую цепь генератора. При указанных на схеме номиналах элементов она — около 1 кГц. Звуковые сигналы подаёт телефонный капсюль HA1.

Ключ питают стабилизированным напряжением 5 В. От источника напряжения 9...12 В его можно получить с помощью интегрального стабилизатора напряжения 5 В. Например, 7805, включённого по типовой схеме.

Вместо транзистора КТ315Б можно применить любой кремниевый транзистор структуры n-p-n. Микросхемы 74LS00 заменяются российскими К555ЛА3 или даже К155ЛА3, но в последнем случае потребляемый от источника питания ток станет заметно больше.

Механический двухсторонний телеграфный манипулятор S1 можно заменить сенсорным, собрав его по схеме, изображённой на **рис. 2**. Сенсорами E1 и E2 служат чередующиеся проволочные перемычки, установленные на монтажной плате параллельно с небольшими зазорами. Транзисторы VT1—VT4 образуют буферы сенсоров, согласующие их со сравнительно низкоомными входами логических микросхем структуры ТТЛ. ■

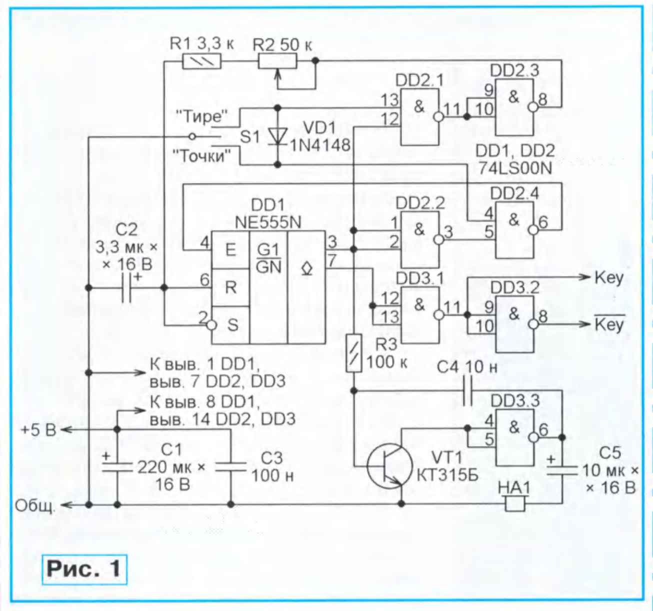


Рис. 1

Дистанционное управление светодиодным кубом

Д. МАМИЧЕВ, п. Шаталово Смоленской обл.

В мартовском номере журнала "Радио" за 2018 г. опубликована моя статья [1] о кубе на светодиодных модулях WS2812B с пиксельной адресацией и несколькими примерами скетчей. Возможность оперативного управления и регулировки режимов переключений сделает такую конструкцию функционально более завершённой. Сегодня это удобнее делать дистанционно с помощью приложения на смартфоне (**рис. 1**) через канал связи Bluetooth. Для этого к плате Arduino Uno дополнительно (см. рис. 3 указанной выше статьи) подключают bluetooth-модуль HC-05. Его вывод RXD соединяют с выводом 1 платы Arduino Uno, вывод TXD модуля — с выводом 0 платы. На вывод VCC модуля подают напряжение питания +5 В, вывод GND — общий.

Рис. 1

Взаимодействие с оператором осуществляется с помощью индивидуального приложения для смартфона или планшета, реализованного в среде MIT App Inventor 2. Внешний вид рабочего экрана представлен на **рис. 2**. "Пульт" содержит пять активных кнопок управления. С помощью кнопки "БЛЮТУЗ" из приложения устанавливают канал связи с кубом. Кнопки "ПРОГ.", "ЯРК." и "СКОР." — многопозиционные двухнаправленные, и в зависимости от числа нажатий и их направления меняют свою ширину. Таким образом, можно ступенчато выбирать комбинацию исполняемой программы переключений, яркость свечения пикселей куба и скорость смены кадров. Значки "< >" (расширение), "> <" (сжатие) на кнопках означают направление изменения визуальной ширины кнопки в данный момент. Кратковременным нажатием на кнопку изменяют ширину и, соответственно, регулируемый параметр, а продолжительным нажатием — знак приращения параметра или ширины кнопки. Кнопка "ПАУЗА-ГАШЕНИЕ" при последовательных кратковременных нажатиях в цикле останавливает переключение светодиодов (эффект стоп-кадра), гасит светодиоды (выставляет яркость свечения — 0) и возобновляет исполнение остановленной программы на исходной яркости свечения.

Рассмотрим блоки программирования работы одной из трёх многопозиционных кнопок (**рис. 3**). Блоки других кнопок аналогичны и отличаются лишь



Рис. 2

когда Кнопка1 .ДолгоеНажатие
делать если получить global K = истина
то присвоить global K в ложь
присвоить Кнопка1 . Текст в " < > "
иначе присвоить global K в истина
присвоить Кнопка1 . Текст в " > < "

инициализировать глобальную N в 60
инициализировать глобальную K в истина

когда Кнопка1 .Щелчок
делать если получить global K = истина и получить global N > 10
то вызвать SendBT
x " 0 "
присвоить global N в получить global N - 5
присвоить Кнопка1 . WidthPercent в получить global N
иначе если получить global K = ложь и получить global N < 60
то вызвать SendBT
x " 1 "
присвоить global N в получить global N + 5
присвоить Кнопка1 . WidthPercent в получить global N

Рис. 3

```
void MakeCmd()
{
    int y=inputString.length();// присваиваем переменной у число символов в строке
    if (y<1||y>1)return;//если их меньше 1 или больше, выходим из функции
    String cmd=inputString;// передаём строку другой переменной
    inputString = "";//"обнуляем переменную"
 if (cmd=="0"){N++;if(N==9){N=8;}}//ИЗМЕНЕНИЕ НОМЕРА ПРОГРАММЫ
 if (cmd=="1"){N--;if(N==-1){N=0;}}//
 if (cmd=="2"){k=k-2;if(k<=0){k=1;}}//ИЗМЕНЕНИЕ ЯРКОСТИ СВЕЧЕНИЯ
 if (cmd=="3"){k=k+2;if(k>20){k=20;}}//
 if (cmd=="4"){n=n-4;if(n<=7){n=8;}}//ИЗМЕНЕНИЕ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЙ
 if (cmd=="5"){n=n+4;if(n>50){n=50;}}//
 if (cmd=="6"){v++;if(v>=3){v=0;}}//ИЗМЕНЕНИЕ СОСТОЯНИЙ ВКЛЮЧЕНИЯ ПИКСЕЛЕЙ
//(стоп-кадр,гашение всех пикселей, визуальный запуск заданной программы)
 }
```

Рис. 4

индексами переменных. "Кнопка1", она на экране кнопка "ПРОГ.", имеет два основных блока, описывающих реакцию приложения на долговременное и кратковременное нажатие (щелчок). Введённые переменные **N** и **K** своими значениями регулируют ширину изображения кнопки в процентах от ширины экрана и, соответственно, состояние кнопки — её расширение или сжатие. Первая переменная может принимать значения в интервале 10—60, вторая — лишь два значения: "истина" и "ложь". Исходные значения этих переменных — 60 и "истина" соответственно.

Верхний блок отрабатывает долговременное нажатие на кнопку, меняя при каждом значение переменной **K** на противоположное значение. Одновременно с этим происходит смена информационного текста-надписи на кнопке с "< >" на "> <", и наоборот. В нижнем блоке, в зависимости от значения переменной **K**, происходят при каждом щелчке изменение ширины кнопки на 5 % (по значению переменной **N**) и передача на Arduino Uno символа "0" или "1". Таким образом, например, перебор программ куба в сторону уменьшения ширины кнопки будет осуществляться последовательной посылкой на Arduino Uno символов "0". Всего в протоколе передачи задействованы семь символов — от 0 до 6, по два на первые три кнопки и один на четвёртую кнопку.

Остальная часть блоков программы-приложения аналогична блокам приложения из ранее опубликованной статьи [2]. Изменяя граничные значения и значение шага — числа 10, 60, 5, в программе приложения и скетче можно регулировать динамику анимации кнопки и число ступеней переключений управляющих параметров.

Исходным (опорным) скетчем, управляющим работой куба, является скетч из статьи [3]. В него добавлены функции по приёму и обработке данных с bluetooth-модуля HC05. На **рис. 4** представлена функция, изменяющая значения управляющих переменных скетча, — **N, k, n, v**. Переменная **N** может принимать значения от 0 до 8, меняя исполнение каждой из восьми программ (при значении 0 идёт последовательный перебор всех восьми программ). Переменная **k** регулирует яркость светодиодов от 0 до 20 (всего возможно 255 ступеней) с шагом 2. Переменная n регулирует длительность пауз между сменой кадров от 8 мс до 50 с шагом в 4 мс. Для корректной совместной работы приложения и куба их желательно включать и выключать одновременно.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Мамичев Д.** RGB куб 5×5×5 на Arduino Uno. — Радио, 2018, № 3, с. 57—60.

2. **Мамичев Д.** Модернизация квадропода. — Радио, 2019, № 2, с. 58, 59.

3. **Мамичев Д.** Управляемый RGB-куб 5×5×5 на Arduino Uno. — Радио, 2018, № 5, с. 59—62.

От редакции. *Скетч для Arduino Uno находится по адресу* ***http://ftp.radio.ru/pub/2019/05/cub-bluetooth.zip*** *на нашем FTP-сервере.*

Усилитель для настольного микрофона Dialog M-108

А. БУТОВ, с. Курба Ярославской обл.

Предназначенный для использования с персональными компьютерами настольный микрофон Dialog M-108 состоит из электретного капсюля, который напрямую подключают к входу компьютерной звуковой платы тонким неэкранированным кабелем длиной 190 см. Из-за сильных наводок на этот кабель пользоваться таким микрофоном оказалось невозможно. Кроме того, по причине его крайне низкой чувствительности регуляторы громкости в компьютерном звуковом микшере приходится устанавливать на максимум.

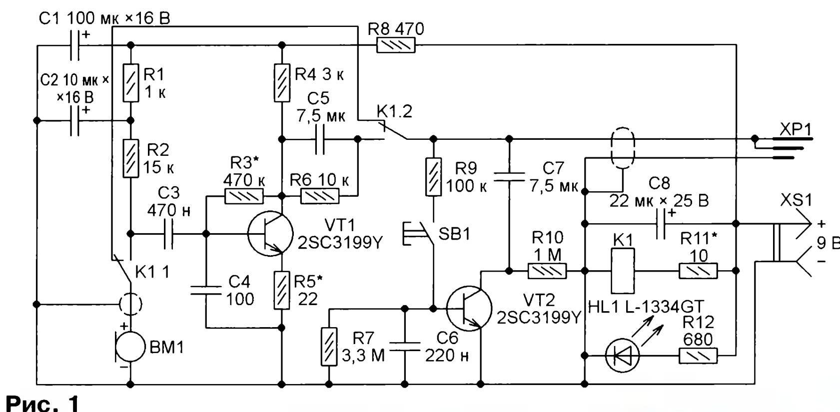


Рис. 1

От указанных недостатков удалось избавиться, добавив в микрофон усилитель, собранный по представленной на **рис. 1** схеме. Если на гнездо XS1 не подано внешнее напряжение питания, сигнал звуковой частоты с микрофонного капсюля BM1 поступает на штекер XP1 напрямую через нормально замкнутые контакты реле K1.1, K1.2. При соединении штекера XP1 с микрофонным входом компьютерной звуковой карты на микрофонный капсюль BM1 поступит необходимое для него питающее напряжение около 1,25 В со звуковой карты и всё станет работать, как и прежде. Правда, применив для соединения компьютера и микрофона экранированный кабель, можно избавиться от помех.

Если же на гнездо XS1 подать напряжение питания 9 В, электромагнитное реле K1 сработает и включит в тракт передачи звукового сигнала усилитель по схеме с общим эмиттером на транзисторе VT1. Через резистор R3 на базу поступает постоянное смещение, задающее режим работы транзистора. Конденсатор C4 подавляет возможные высокочастотные наводки на вход усилителя. Помехи в напряжении питания усилителя устраняет фильтр R8C1. Питание на микрофонный капсюль BM1 подано через дополнительный фильтр R1C2 и резистор R2.

С коллектора транзистора VT1 усиленный сигнал звуковой частоты через соединённые параллельно резистор R6 и конденсатор C5 поступает по экранированному проводу на выходной штекер XP1.

Наличие усилителя позволяет эксплуатировать микрофон не только с персональными компьютерами, но и с любыми УМЗЧ, большинство из которых обычно не имеют встроенного микрофонного усилителя и соответствующего входа с присутствующим на нём напряжением питания электретного микрофона.

Узел на транзисторе VT2 предназначен для временного выключения микрофона. При нажатии на кнопку SB1 транзистор VT2 открывается и шунтирует по переменному (звуковому) напряжению выходной штекер XP1. Через резистор R10 конденсатор C7 заряжается, когда транзистор VT2 закрыт. Это предотвращает сильный щелчок в воспроизводимом звуке в момент нажатия на кнопку SB1. Конденсатор C6 устраняет "шорохи" при нестабильном сопротивлении замкнутых контактов кнопки. Если контакты применённой кнопки не имеют тенденции к дребезгу, окислению и увеличению сопротивления, транзистор VT2, резисторы R7, R9 и конденсатор C6 можно не устанавливать, а кнопку SB1 подключить параллельно резистору R10.

Светодиод HL1 сигнализирует о наличии напряжения питания на гнезде XS1.

Большинство деталей микрофонного усилителя установлены на изображённой на **рис. 2** плате размерами 65×19 мм с двухсторонним навесным монтажом. Снизу плата экранирована алюминиевой фольгой с липким слоем, электрически соединённой с общим проводом, и помещена в подставку микрофона, как показано на **рис. 3**. Микрофонный капсюль BM1 соединён с контактами реле K1.1 экранированным проводом длиной 30 см, проложенным внутри гибкой трубки-держателя капсюля. К штекеру XP1 идёт экранированный кабель длиной 220 см.



Рис. 2

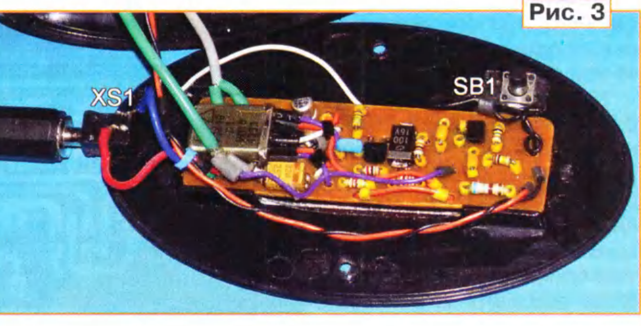


Рис. 3

K1 — электромагнитное реле РЭК48 исполнения РФ4.500.479-01 [1] с сопротивлением обмотки 270 Ом. Металлический корпус реле соединён с общим проводом. Это реле можно заменить другим с двумя группами переключающих контактов, надёжно срабатывающим от напряжения, поданного на гнездо XS1, которое при этом условии можно понизить вплоть до 5 В. Резистор R11 устанавливают, чтобы погасить избыток напряжения на обмотке реле. Если имеется только реле с одной группой контактов (например, герконовое РЭС55А [2] с сопротивлением

обмотки менее 400 Ом), провода, которые должны были идти к группе контактов K1.1, соедините в одной точке.

Вместо транзисторов 2SC3199Y можно применить любые из серий 2SC3199, 2SC9014, SS9014, BC547, PN2222, КТ3102, КТ6111. Резистор R3 подбирают такого сопротивления, при котором напряжение на коллекторе транзистора VT1 приблизительно равно половине напряжения питания. Если требуется максимальное усиление, резистор R5 замените перемычкой.

Светодиод L-1334GT можно заменить любым другим непрерывного свечения без встроенных резисторов, например, из серий КИПД66, L-1464, L-63, RL30N. Кнопка SB1 — тактовая, но подойдёт и другая малогабаритная с нормально разомкнутыми контактами. Гнездо XS1 должно быть совместимо со штекером используемого блока питания.

Резисторы — любого типа малогабаритные, например, С1-14 или МЛТ. Конденсаторы С1, С2, С8 — импортные оксидные, остальные — керамические, например К10-50.

Если микрофон будет эксплуатироваться только с встроенным усилителем, то реле K1 и резистор R11 можно не устанавливать. В этом случае провод, идущий от микрофонного капсюля ВМ1, подключают непосредственно к точке соединения резистора R2 с конденсатором С3, а точку соединения резистора R6 и конденсатора С5 — с точкой соединения конденсатора С7 и провода, идущего к штекеру XP1. При этом верхний по схеме вывод резистора R9 желательно подключить к плюсовой обкладке конденсатора С1. Такая переделка позволит установить на выходе усилителя переменный резистор сопротивлением 10...50 кОм — регулятор громкости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Реле электромагнитное нейтральное РЭК48. — URL: **http://ipelectron.ru/download/10dde82a-c755-11e2-9412-000423b8155e.pdf** (18.01.2019).

2. Слаботочное электромагнитное миниатюрное реле РЭС55. — URL: **http://lib.chipdip.ru/270/DOC000270051.pdf** (18.01.2019).

Опыт изготовления печатных плат с помощью плёночного фоторезиста

Е. ГЕРАСИМОВ, станица Выселки Краснодарского края

С появлением на рынке плёночных фоторезистов и распространением технологий на их основе процесс перевода рисунка печатных проводников на фольгированный материал стал простым и не требующим больших затрат времени. Распространению "фоторезистивной" технологии немало способствовали и многочисленные публикации, например, в [1] и [2]. Не обошёл её вниманием и я.

Как часто бывает, используя её в первый раз, "набил шишек". В конце концов, пришёл к выводу, что методику, описанную в [1], можно несколько упростить без потери качества печатных плат. Методику, представленную в [2], здесь рассматривать не буду, поскольку она предназначена для изготовления платы из заготовки с уже нанесённым позитивным фоторезистом. Я же освоил негативный плёночный фоторезист китайского производства. Большая часть информации о работе с ним достаточно подробно изложена в [1], поэтому остановлюсь лишь на некоторых важных моментах.

Не стоит осваивать эту технологию, используя отечественный фоторезист МПФ-ВЩ-50. Его качество гораздо хуже импортного, оптимальная длительность экспонирования больше, характерны частые отслоения и ломкость после проявления, да и стоит он незаслуженно дороже аналогов.

Я печатаю фотошаблоны лазерным принтером на обычной чертёжной кальке. Она гораздо дешевле специальной плёнки. Кстати, на сайте одного из торгующих фоторезистом интернет-магазинов в качестве основы для фотошаблона рекомендуют пергамент.

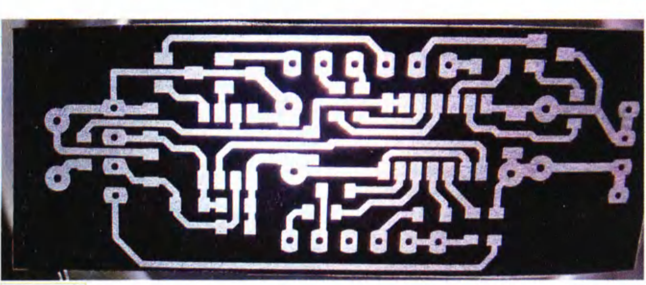


Рис. 1

Для печати я приклеиваю кальку к листу обычной бумаги для принтера конторским клеем. Подойдёт и клей ПВА или клеящий карандаш. Следует только приклеивать кальку так, чтобы клей не выходил за пределы её листа. Иначе можно загрязнить клеем фотовал принтера. Прежде чем начинать печать, необходимо дождаться высыхания клея.

Рисунок я печатаю в зеркальном отображении, установив в настройках принтера самый высокий расход тонера. Для увеличения плотности тонера кладу кальку после печати на разогретый утюг (оптимальная температура — 120...130 °С) и держу её там до тех пор, пока тонер не станет блестящим. Если калька пожелтела или помутнела, лучше напечатать новый шаблон.

При недостаточной плотности тонера можно слегка присыпать разогретый тонер тонким слоем порошкообразного растворимого кофе, а после остывания его излишки можно сдуть. Там, где тонера не было, кофе не останется, а к размягчённому тонеру он прилипнет. За счёт этого плотность покрытия возрастёт. Но следует помнить, что это приводит к увеличению толщины непрозрачного слоя.

К счастью, нет острой необходимости делать тёмные участки фотошаблона абсолютно чёрными и непрозрачными. Этот фактор важен только для позитивного фоторезиста. Там недостаточная плотность тонера действительно приводит к появлению раковин на медных полигонах и печатных проводниках [2]. При негативном фоторезисте и недостаточно плотном слое тонера возможно появление на свободных от меди участках платы очень мелких островков и точек не вытравленной меди.

Но чтобы они появились, экспозиция должна быть весьма длительной, кроме того, изъяны хорошо видны, да и вытравятся, если подержать плату в травильном растворе немного дольше. В крайнем случае их нетрудно счистить ножом. Но мне после перехода на импортный фоторезист этого не пришлось делать ни разу.

Для увеличения прозрачности шаблона можно пропитать его любым жидким маслом. С хорошими результатами

я применял трансформаторное, веретённое и подсолнечное масло. Годится и керосин или уайт-спирит, но их запах неприятен и сохраняется очень долго.

Пример готового фотошаблона показан на **рис. 1**. Для экспонирования я прижимаю фотошаблон обычным оконным стеклом толщиной 3 мм к заготовке платы (тонером к фоторезисту). Следует выбрать стекло без заметных неоднородностей.

Для засветки фоторезиста применяю самодельный светильник из выводных ультрафиолетовых светодиодов диаметром 5 мм — импортных неизвестного типа. По сравнению с предназначенными для поверхностного монтажа они дают более направленный свет, что уменьшает вероятность боковой засветки фоторезиста.

Если не планируется работать с паяльными масками, нет нужды изготавливать плату для светодиодов из стеклотекстолита. Вполне подойдёт и другой пластик. Я изготовил светильник из листа бесцветного сотового поликарбоната толщиной 6 мм. Он не требует сверления. Отверстия под выводы светодиодов можно просто проколоть иглой.

Расположены светодиоды по прямоугольной сетке с шагом 11 мм. Как показала практика, этот шаг можно увеличить в полтора раза, сэкономив светодиоды или увеличив площадь облучаемой поверхности. Светодиоды соединены по шесть штук последовательно, паять их выводы следует быстро, поскольку поликарбонат легко плавится. Каждая цепочка подключена к источнику постоянного напряжения 19...20 В через резистор сопротивлением 47 Ом. Ток через одну цепочку — около 18 мА. Внешний вид светильника без защитного кожуха показан на **рис. 2**. Хотя он был изготовлен как временный, я пользуюсь им уже год.

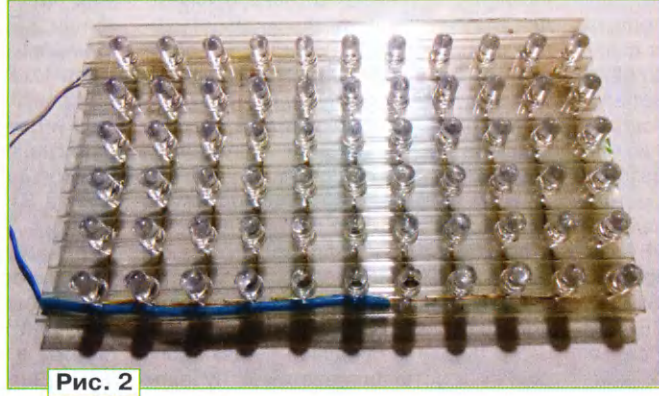


Рис. 2

Экспонирую будущую плату с расстояния 15...18 см в течение четырёх минут. Травлю в растворе медного купороса и поваренной соли. Такой раствор использую уже много лет с отличными результатами. Его достоинство — можно спокойно оставить плату в растворе на всю ночь, не опасаясь подтравливания краёв печатных проводников. Качество изготовленных плат сравнимо с заводским.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Казаков Д.** Плёночный фоторезист в радиолюбительской практике. — Радио, 2016, № 4, с. 30—32.

2. **Кузьминов А.** Технология изготовления печатных плат с высоким разрешением в любительских условиях. — Радио, 2017, № 10, с. 25—28.

Звуковой сигнализатор на микросхеме К176ИЕ12

А. МЕЛЬНИКОВ, г. Барнаул

При изготовлении различных самодельных устройств радиолюбителям часто требуется тот или иной звуковой сигнализатор. Схем построения звуковых сигнализаторов существует достаточно много — это может быть мультивибратор на биполярных транзисторах, генератор на однопереходном транзисторе или генератор, построенный на цифровой микросхеме. Также в радиолюбительской практике довольно часто применяются звуковые извещатели со встроенным генератором, которые выпускаются на различное напряжение питания.

Однако в практических конструкциях зачастую требуется не только звуковой генератор в "чистом" виде, вырабатывающий прерывистые звуковые сигналы, а устройство, позволяющее включать звуковой сигнал на определённое время с помощью одиночного

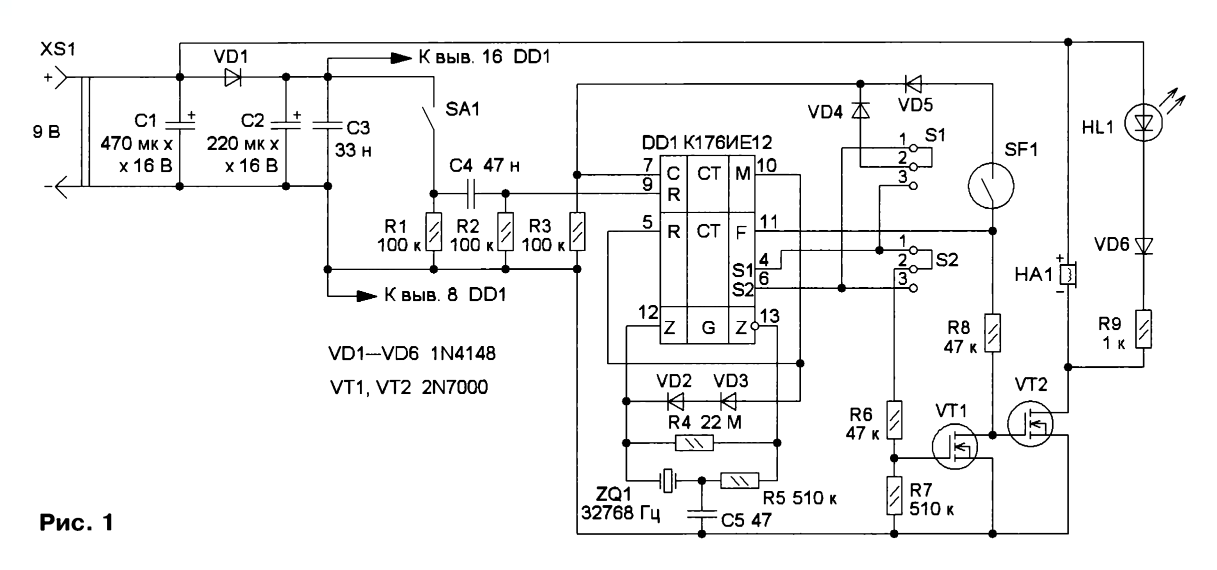


Рис. 1

запускающего импульса, а также имеющее возможность принудительного отключения звукового сигнала до истечения этого времени. Для построения такого сигнализатора удобно использовать микросхему К176ИЕ12, в состав которой входят все необходимые для этого узлы.

Эта микросхема предназначена для использования в качестве задающего генератора электронных часов и содержит инверторы, служащие для построения кварцевого генератора, а также два счётчика, коэффициент деления первого из которых равен 32768, а второго (минутного) — 60. Счётчики имеют раздельные входы установки в исходное состояние, а в первом из них при частоте кварцевого генератора, равной f, с выходов счётчика можно снимать импульсы с частотой следования f/32, f/256, f/16384, f/32768. Благодаря наличию встроенного генератора и счётчиков с различными коэффициентами деления микросхема К176ИЕ12 находит широкое применение в самых различных радиолюбительских конструкциях. На её основе можно строить разнообразные генераторы, одновибраторы, таймеры, а также множество других полезных конструкций. Конечно, микросхема К176ИЕ12 снята с производства, но всё ещё доступна для приобретения. Подробное описание микросхемы К176ИЕ12 можно найти в [1], а о нестандартном применении её и аналогичных можно прочитать в [2] и [3].

Предлагаемый вниманию читателей звуковой сигнализатор вырабатывает пачки импульсов частотой 1024 Гц, период повторения которых можно установить равным 1 или 0,5 с. Сигнализатор включается при замыкании нормально разомкнутых контактов сигнального устройства или подаче на вход одиночного запускающего импульса, а время подачи звукового сигнала можно установить равным 19,5 или 39 с. Для принудительного отключения звукового сигнала к корпусу устройства нужно поднести постоянный магнит.

Схема сигнализатора приведена на **рис. 1**. При подаче напряжения питания счётчики микросхемы DD1 устанавливаются в произвольное состояние. При наличии на выходе M (выводе 10) низкого логического уровня кварцевый генератор микросхемы, собранный по типовой схеме, начинает работать. При этом на выходе F (вывод 11) микросхемы DD1 появляются прямоугольные импульсы частотой 1024 Гц, которые через резистор R8 поступают на затвор полевого транзистора VT2, в цепь стока которого включён электромагнитный капсюль HA1, излучающий звуковой сигнал. При появлении на выходе S1 или S2 (в зависимости от положения перемычки S2) высокого логического уровня открывается полевой транзистор VT1, который соединяет затвор транзистора VT2 с общим проводом, в результате чего этот транзистор закрывается и звуковой сигнал прекращается. Таким образом, капсюль HA1 воспроизводит прерывистый звуковой сигнал, частоту следования которого можно выбрать равной 1 или 2 Гц путём перестановки перемычки S2. Светодиод HL1 включается синхронно с появлением звукового сигнала и служит для визуальной индикации срабатывания сигнализатора. Резистор R9 ограничивает ток через светодиод, а диод VD6 защищает светодиод от обратного напряжения, возникающего на катушке капсюля HA1 в момент закрывания транзистора VT2.

Если перемычка S1 находится в показанном на схеме положении, то на вход C (вывод 7) "минутного" счётчика микросхемы DD1 через диод VD4 поступают импульсы частотой 2 Гц, и при появлении на выводе 10 высокого логического уровня основной счётчик микросхемы устанавливается в нулевое состояние, так как на его входе начальной установки (вывод 5) появляется высокий логический уровень. Высокий логический уровень через диоды VD2, VD3 поступает на вывод 12 микросхемы DD1, поэтому работа кварцевого генератора микросхемы прекращается и сигнализатор переходит в состояние, являющееся для него исходным.

Необходимость остановки работы кварцевого генератора микросхемы DD1 подачей высокого логического уровня на вывод 12 обусловлена тем, что с работающим кварцевым генератором при напряжении питания 9 В устройство потребляет ток около 1,7 мА. Это, конечно, немного, и при питании устройства от сетевого источника в стационарных условиях этим током можно пренебречь, но если устройство питается от гальванической батареи небольшой ёмкости, этот ток становится достаточным для того, чтобы батарея сравнительно быстро разрядилась. При остановке кварцевого генератора ток, потребляемый устройством в исходном состоянии, уменьшается настолько, что измерить его с помощью мультиметра DT890 не представляется возможным.

Конечно, после снятия сигнала, останавливающего генератор, последнему нужно время для запуска, поэтому частота на выходе F (вывод 11) микросхемы в первый момент после снятия сигнала остановки возрастает от нуля до номинального значения, и капсюль HA1 в это время воспроизводит искажённый звуковой сигнал, но, на взгляд автора, этот недостаток не является существенным.

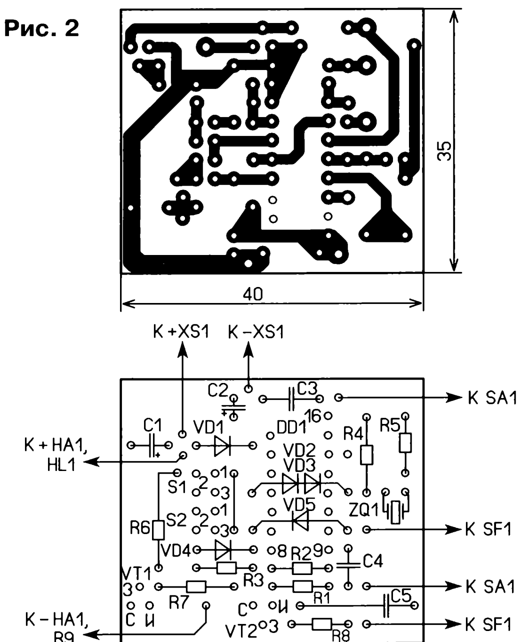
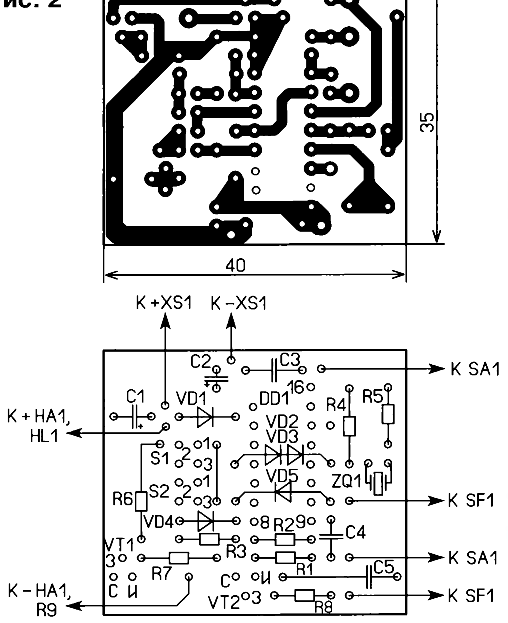
При замыкании контактов выключателя SA1 конденсатор C4 заряжается через резистор R2, и на входе R (вывод 9) "минутного" счётчика микросхемы DD1 появляется высокий логический уровень, устанавливающий этот счётчик в нулевое состояние. При этом на выходе M счётчика появляется низкий логический уровень, разрешающий работу кварцевого генератора и основного счётчика микросхемы DD1. При этом включаются звуковой и световой сигналы, а "минутный" счётчик подсчитывает импульсы частотой 1 или 2 Гц (зависит от положения перемычки S1), поступающие на его вход C. При появлении на выходе M высокого логического уровня звуковой и световой сигналы выключаются и сигнализатор переходит в исходное состояние. В том случае, если перемычка S1 удалена, таймер, построенный на "минутном" счётчике микросхемы DD1, работать не будет, и сигнализатор продолжит подавать звуковой и световой сигналы до момента принудительного перевода сигнализатора в исходное состояние или отключения питания.

Для отключения звукового и светового сигналов до окончания времени выдержки таймера служит геркон SF1, при замыкании контактов которого на вход "минутного" счётчика микросхемы DD1 с выхода F поступают импульсы частотой 1024 Гц, что приводит к появлению на выходе M счётчика высокого логического уровня и переходу сигнализатора в исходное состояние. Положение контактов выключателя SA1 при этом безразлично, так как в любом случае на входе сброса "минутного" счётчика будет присутствовать низкий логический уровень, не влияющий на его работу. Вместо геркона можно использовать кнопку с нормально разомкнутыми контактами, а в качестве выключателя SA1, в зависимости от назначения устройства, можно применить кнопку, выключатель или геркон также с нормально разомкнутыми контактами.

Сигнализатор питается от гальванической батареи 6F22 ("Крона", "Корунд") напряжением 9 В. Конденсатор C1 сглаживает пульсации напряжения питания при включении капсюля, что позволяет обеспечить нормальную работу сигнализатора и приемлемую громкость звукового сигнала даже в случае её значительной разрядки. Конденсатор C2 сглаживает пульсации напряжения питания микросхемы DD1, диод VD1 предотвращает разрядку конденсатора C2 через звуковой излучатель и светодиод. Конденсатор C3 — блокировочный в цепи питания микросхемы. Максимальный ток, потребляемый устройством во время подачи светового и звукового сигнала, при сопротивлении катушки капсюля HA1, равном 43 Ом, — 150 мА.

Для питания сигнализатора в стационарных условиях можно использовать любой подходящий сетевой источник питания с выходным напряжением 9 В и током не менее 200 мА. В принципе, интервал питающего напряжения для микросхемы К176ИЕ12 довольно широк — 5...12 В. Но номинальное напряжение, при котором гарантирована работа микросхемы, составляет 9 В. Минимальное значение питающего напряжения, при котором устройство сохраняет работоспособность, зависит от применённого экземпляра микросхемы DD1. Авторский экземпляр сигнализатора сохраняет работоспособность при снижении напряжения питания до 4,5 В, но при этом значительно уменьшаются громкость звукового сигнала и яркость вспышек светодиода.

Рис. 2

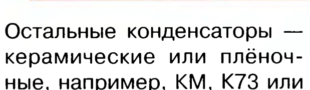


Рис. 3

Большинство деталей устройства смонтированы на печатной плате, изготовленной из одностороннего фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5...2 мм, чертёж которой приведён на **рис. 2**. Вывод 1 микросхемы DD1 перед установкой на плату необходимо отогнуть. Конденсаторы С1 и С2, а также кварцевый резонатор ZQ1 смонтированы параллельно плате и после проверки работоспособности устройства приклеены к ней клеем "Момент". Конденсатор С1 следует монтировать после установки резистора R6, предварительно обернув корпус конденсатора двумя слоями изоляционной ленты или надев на него отрезок термоусаживаемой трубки. Диод VD5 смонтирован над микросхемой DD1, диоды VD2 и VD3 установлены перпендикулярно плате, а их выводы спаяны между собой над корпусом микросхемы. Элементы светового сигнализатора (HL1, VD6, R9) можно установить в любом удобном месте, а если световая индикация не требуется, надо исключить их из устройства. Внешний вид смонтированной платы представлен на **рис. 3**.

Резистор R4 — КИМ, но можно составить его из двух соединённых последовательно резисторов номиналом 10 МОм, установив их перпендикулярно плате, остальные резисторы — любого типа. Оксидные конденсаторы — К50-35 или импортные, но следует помнить, что при батарейном питании сигнализатора оксидные конденсаторы должны иметь минимальный ток утечки. Остальные конденсаторы — керамические или плёночные, например, КМ, К73 или подобные. Диоды 1N4148 можно заменить другими маломощными, например, серий КД521, КД522, транзисторы 2N7000 можно заменить отечественными транзисторами КП504 с любым буквенным индексом. Кварцевый резонатор может быть любым "часовым", подходящим по габаритам, светодиод — любого свечения, желательно сверхъяркий. Перемычки S1, S2 — стандартные джамперы, которые можно выпаять из ненужной материнской платы компьютера. К сожалению, микросхема К176ИЕ12 не имеет ни отечественных, ни импортных полных аналогов.

Сопротивление катушки звукового излучателя НА1 должно быть не менее 40 Ом. Этому условию отвечают капсюли ТОН-2, ТК-67, а также динамические головки 0,025ГД-2 или 0,05ГД-1. Хорошие результаты были получены с капсюлем SL-6RDYNII (предположительно польского производства) с сопротивлением катушки 240 Ом, звуковой сигнал с ним гораздо громче, чем с капсюлями ТОН-2 и ТК-67. Если перечисленные выше звуковые излучатели отсутствуют или не подходят по габаритам, можно использовать малогабаритную динамическую головку от мобильного телефона, включив последовательно с ней резистор такого сопротивления, чтобы суммарное сопротивление цепи было не менее 40 Ом, или соединить несколько динамических головок последовательно. Конечно, параллельно звуковому излучателю НА1 следовало бы включить диод (катодом к плюсу источника питания), защищающий элементы устройства от противо-ЭДС, возникающей в катушке звукового излучателя в момент прерывания тока через неё. Но громкость звукового сигнала при этом уменьшается, поэтому диод в данной конструкции отсутствует. Отказов в работе устройства по этой причине не было.

Подключить к сигнализатору низкоомную динамическую головку можно двумя способами. Первый — использовать выходной трансформатор от транзисторного радиоприёмника прошлых лет выпуска, включив его первичную обмотку в цепь стока транзистора VT2. Второй способ — заменить транзистор VT2 мощным переключательным полевым транзистором, например IRF630, и включить динамическую головку мощностью несколько ватт непосредственно в цепь его стока. Звуковой сигнал будет звучать очень громко, но одновременно с этим значительно увеличится ток, потребляемый сигнализатором, поэтому данный вариант можно рекомендовать при питании сигнализатора от сетевого блока питания или достаточно мощной батареи.

Собранное правильно и из исправных деталей устройство, как правило, начинает работать сразу. В том случае, если после подачи напряжения питания и замыкания контактов выключателя SA1 звуковой сигнал отсутствует, необходимо подобрать ёмкость конденсато-

ра C5, добиваясь устойчивого запуска кварцевого генератора. Если генератор всё равно не запускается, следует заменить кварцевый резонатор ZQ1 другим и проверить работоспособность устройства с новым резонатором. К сожалению, проблемы с запуском кварцевого генератора микросхемы К176ИЕ12 при использовании некоторых современных резонаторов в малогабаритном корпусе возникают довольно часто.

В качестве частотозадающего элемента для микросхемы DD1 можно использовать не только кварцевый резонатор, но и RC-цепь [2], при этом появляется возможность изменять

DD1 К176ИЕ12
CT M 10
5 R CT
G
12 Z K 14
Z̄ 13
VD2 VD3
1R4 1 M
1R5 27 к
1C5
910

Рис. 4

тора R4. Один из выводов конденсатора 1C5 припаивают к точке соединения резисторов 1R4, 1R5, а другой впаивают в отверстие, обозначенное на чертеже печатной платы бук-

оставался минимальным, суммарное сопротивление резисторов 1R4, 1R5 должно быть максимально возможным.

Конструктивное исполнение сигнализатора зависит от того, какая задача на него возложена. Первый экземпляр сигнализатора, изготовленный автором три года назад, был использован для оповещения об открывании чемодан-

Рис. 5

Рис. 6

частоту генератора в широких пределах. Схема включения микросхемы для работы с частотозадающей RC-цепью приведена на **рис. 4**. С указанными на схеме номиналами элементов генератор работает на частоте около 24 кГц. Резисторы R4, R5, а также конденсатор C5 при реализации этого варианта на плату не устанавливают, а резисторы 1R4, 1R5 монтируют перпендикулярно в отверстия, предназначенные для резис-

вой "К". Нужную частоту генератора устанавливают подбором номиналов элементов 1R5, 1C5, но следует помнить, что при остановке кварцевого генератора высоким логическим уровнем через резисторы 1R4, 1R5 на вывод 13 микросхемы будет протекать ток, величина которого зависит от суммарного сопротивления этих резисторов. Поэтому для того, чтобы потребляемый сигнализатором в исходном состоянии ток

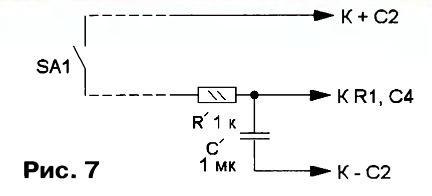


Рис. 7

чика с инструментами, предназначенного в качестве подарка другу-новосёлу (**рис. 5**). Элементы сигнализатора были смонтированы на отрезке универсаль-

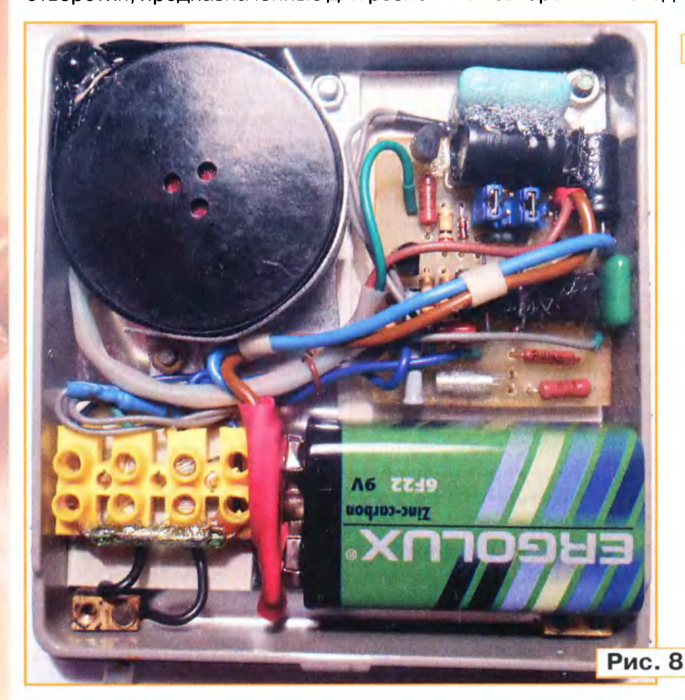


Рис. 8



Рис. 9

ной макетной платы, а сама плата, звуковой излучатель и батарея питания помещены в центральный отсек крышки чемоданчика, закрытый сверху пластиной из фольгированного стеклотекстолита, на которой вытравлены надписи. В качестве выключателя SA1 использован переключатель, закреплённый с помощью винтов к ребру жёсткости на нижней стороне крышки (**рис. 6**), а в дне отсека крышки, напротив звукового излучателя, просверлены отверстия. Для отключения звукового сигнала к геркону, расположенному под пластиной, закрывающей отсек, необходимо поднести магнит, оформленный в виде брелока.

Сигнализатор прекрасно работает в виде полностью законченной автономной конструкции, подобной описанному выше сигнализатору для чемоданчика, но при соединении выключателя SA1 с платой с помощью длинных проводов могут появиться ложные срабатывания сигнализатора, причиной которых является высокая чувствительность цепи запуска. Например, при длине проводов 50 см сигнализатор "ловит" помехи, возникающие при включении и отключении понижающего трансформатора, служащего для питания низковольтного паяльника. Поэтому провод, соединяющий выключатель и сигнализатор, должен быть экранированным (экран соединяют с минусовой линией питания) и по возможности наиболее коротким (это же требование справедливо и в том случае, если на значительное расстояние от платы нужно вынести геркон SF1).

Если использование экранированного соединительного провода для подключения контактов SA1 может быть нежелательно, чувствительность цепи запуска целесообразно снизить с помощью RC-фильтра, схема которого показана на **рис. 7**. С указанными на схеме номиналами элементов сигнализатор включается при сопротивлении соединительной линии до 2 кОм, а ложные срабатывания отсутствуют при длине линии (обычный кабель ПВС), равной 20 м. С линией большей длины эксперименты не проводились.

Второй экземпляр устройства (с RC-фильтром) собран в жестяной коробке-портсигаре от папирос "Беломорканал экспорт" (**рис. 8**). Звуковой излучатель (ТОН-2А) закреплён в корпусе с помощью полоски оцинкованной стали толщиной 0,5 мм, а светодиод HL1 и элементы VD6 и R9 приклеены к корпусу звукового излучателя. К проводнику минусовой линии питания печатной платы припаяна полоска латуни, с помощью которой плата прикреплена к днищу корпуса, а под плату подложена изоляционная пластина из полистирола. Для подключения линии, идущей к выключателю SA1, использована клеммная колодка, на которой также закреплён геркон SF1 (если использовать сильный магнит, геркон прекрасно срабатывает при прикладывании магнита к крышке корпуса). Для фиксации крышки корпуса в закрытом положении использованы винты М3, завинченные в стойки со сквозными резьбовыми отверстиями, которые закреплены к днищу корпуса с помощью таких же винтов. Напротив светодиода и звукового излучателя в крышке просверлены отверстия, а для того чтобы сигнализатор можно было подвесить, например, на гвоздь, к нижней плоскости корпуса прикреплена стальная пластина с грушевидным вырезом. Внешний вид собранного устройства показан на **рис. 9**.

Описанный выше звуковой сигнализатор может найти самое различное применение. Его можно использовать в качестве дверного звонка, длительность звукового сигнала которого не зависит от времени нажатия на кнопку, охранного сигнализатора, срабатывающего при открывании двери, а использовав в качестве контактов SA1 датчик качания (вибрации), описание конструкции которого можно найти в [4], [5], устройство можно применить для охраны туристической палатки во время ночёвки или в роли сигнализатора поклёвки, полезного во время рыбалки.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Алексеев С.** Применение микросхем серии К176. — Радио, 1984, № 5, с. 36—40.
2. **Поляков В., Лещанский И., Иванов А.** RC-генератор на К176ИЕ5. — Радио, 1987, № 10, с. 45.
3. **Лукьянов Д.** Необычные "профессии" микросхем для часов. — Радио, 1988, № 12, с. 31, 32.
4. **Михеева Ж.** Будильник грибника, он же — сторожевое устройство. — Радио, 2002, № 3, с. 47, 48.
5. **Мороз К.** Простые реле времени для электрифицированных игрушек. — Радио, 2015, № 3, с. 49, 50.

***От редакции**. Чертёж печатной платы в формате Sprint-Layout имеется по адресу **http://ftp.radio.ru/pub/2019/05/signal.zip** на нашем FTP-сервере.*

Викторина "Микроконтроллеры и модули ЖКИ"

С. РЮМИК, г. Чернигов, Украина

Буквенно-цифровые модули ЖКИ (индикаторы на жидких кристаллах) широко применяют для вывода текстовой информации в устройствах, собранных на микроконтроллерах и ПЛИС. Такой модуль, кроме собственно многовыводного индикатора, содержит одну или несколько микросхем-контроллеров для управления им по значительно меньшему числу проводов. Большое распространение получили, став фактическим стандартом, модули ЖКИ с встроенными контроллерами HD44780 или его многочисленными функциональными аналогами (KS0066, SED1278, ST7066, PCF2119, КБ1013ВГ6). Их применяют не только в промышленной аппаратуре, но и в любительских конструкциях. Описания конструкций с такими индикаторами неоднократно публиковались на страницах журнала "Радио".

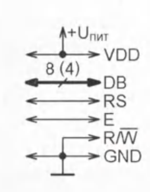
Достоинства этих ЖКИ — простой интерфейс и понятная система команд. Для работы с ними разработаны библиотеки функций практически для всех микроконтроллеров, а том числе для плат Arduino разных модификаций.

Таблица содержит 16 вопросов, касающихся использования модулей ЖКИ с встроенными контроллерами, аналогичными HD44780. Каждый вопрос проиллюстрирован схемой, слева на которой подразумевается управляющее устройство (микроконтроллер), а справа — модуль ЖКИ, имеющий 14 основных выводов. Восемь из них (DB0—DB7) — шина данных. Логическим уровнем на входе RS указывают, что при записи в модуль находится на шине данных (код команды или выводимого на экран символа), а на входе R/W — направление передачи из микроконтроллера в ЖКИ или обратно, на вход E подают строб, синхронизирующий передачу. GND — общий провод, VDD или VCC — напряжение питания (обычно +5 В или +3,3 В), V0 — напряжение установки контрастности. Два дополнительных вывода A и K — соответственно анод и катод светодиодной подсветки экрана.

На каждый вопрос следует выбрать один из обозначенных цифрами 0 и 1 ответов. Выбранные цифры нужно записать в одну строку слева направо в порядке номеров вопросов, а затем преобразовать полученное двоичное число в десятичное. Если все ответы правильны, должно получиться 27757.

***От редакции**. Правильные ответы и пояснения к ним будут даны в следующем номере журнала.*

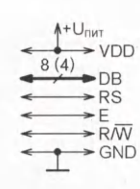
1



Как должны быть сконфигурированы выводы микроконтроллера, образующие шину данных (DB)?

0 — выходы;
1 — попеременно входы и выходы

2



Какие линии шины данных используют при работе с индикатором в четырёхразрядном режиме?

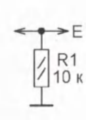
0 — DB0—DB3;
1 — DB4—DB7

3

Нужны ли резисторы в линиях шины данных, если заменить микроконтроллер ATmega8L на STM32F103?

0 — да;
1 — нет

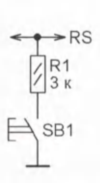
4



Назначение резистора R1?

0 — блокировка индикатора при отключённом источнике сигнала E;
1 — гашение изображения в той же ситуации

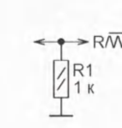
5



Сможет ли микроконтроллер определять состояние кнопки, если увеличить сопротивление резистора до 1 МОм?

0 — да;
1 — нет

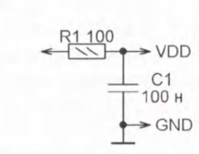
6



Назначение резистора R1?

0 — нагрузка выхода микроконтроллера;
1 — даёт возможность при необходимости отключать источник сигнала R/W

7



Для чего индикатор иногда питают от выхода микроконтроллера?

0 — снижают ток, потребляемый прибором в "спящем" режиме;
1 — плавно увеличивают напряжение питания

8

Узел C1VD1VD2C2 создаёт на своём выходе отрицательное напряжение. Когда оно требуется?

0 — при низком напряжении питания;
1 — при повышенной температуре

9

Цель установки конденсаторов C1–C4 (C8)?

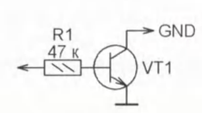
0 — снижение радиопомех;
1 — защита от электростатики

10

Какой параметр изображения зависит от скважности импульсов ШИМ?

0 — яркость;
1 — контрастность

11



Погаснет ли подсветка экрана при разрыве закрывшимся транзистором VT1 цепи GND индикатора?

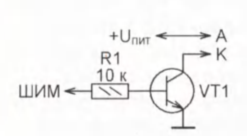
0 — да;
1 — нет

12

Что исчезнет при отключении напряжения +5 В?

0 — подсветка экрана;
1 — изображение на экране

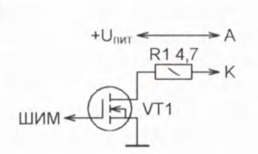
13



С какой частотой должны следовать импульсы с ШИМ, регулирующие яркость подсветки экрана?

0 — 5 Гц;
1 — 5 кГц

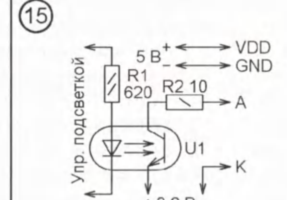
14



Если ограничивающий ток подсветки резистор имеется внутри индикатора, необходим ли резистор R1?

0 — да;
1 — нет

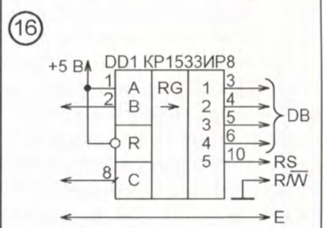
15



Можно ли поменять местами источники питания 5 В и 3,6 В?

0 — да (при некоторых условиях);
1 — нет

16



Когда микроконтроллер должен сформировать нарастающий перепад сигнала E?

0 — перед загрузкой новой информации в регистр DD1;
1 — после загрузки новой информации в регистр DD1

ExpoElectronica ElectronTechExpo

С 15-го по 17 апреля в Москве, в МВЦ "Крокус Экспо", прошли 22-я Международная выставка электронных компонентов, модулей и комплектующих ExpoElectronica и 17-я Международная выставка технологий, оборудования и материалов для производства изделий электронной и электротехнической промышленности ElectronTechExpo. Организатор выставок – группа компаний ITE.

Экспозиция обеих выставок развернулась на площади 18 тыс. м².

В двух выставочных залах участники представили продукцию для полного цикла производства электроники — от процесса производства микросхем до готовых электронных изделий. В выставках приняли участие 457 компаний из 17 стран мира.









Получатель ЗАО «Журнал «Радио»
ИНН 7708023424, р/с 40702810438090103159,
ПАО Сбербанк г. Москва,
К/с 30101810400000000225,
БИК 044525225, КПП 770801001

Цена одного номера журнала 2019 г. (с 7-го по 12-й номер) при покупке в редакции — 280 руб.

Стоимость полугодовой подписки с рассылкой из редакции (адресная рассылка) для индивидуальных подписчиков России — 2100 руб., для индивидуальных подписчиков из стран зарубежья — 2820 руб.

Стоимость для юридических лиц России — 2160 руб., для юридических лиц из стран зарубежья — 2880 руб.

Стоимость подписки с адресной рассылкой для жителей дальнего зарубежья на полугодие — 50 USD, на год — 100 USD.

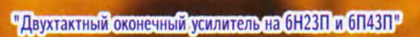
Год выпуска	Номер журнала	Стоимость одного номера в редакции	Стоимость одного номера с пересылкой	
			В Россию	В остальные страны
2013	1—12	50 руб.	110 руб.	240 руб.
2014	1—12	70 руб.	130 руб.	260 руб.
2015	1—12	90 руб.	150 руб.	280 руб.
2016	1—12	150 руб.	220 руб.	320 руб.
2017	1—6	185 руб.	255 руб.	355 руб.
2017	7—12	200 руб.	285 руб.	385 руб.
2018	1—6	220 руб.	310 руб.	415 руб.
2018	7—12	240 руб.	330 руб.	440 руб.
2019	1—6	260 руб.	350 руб.	460 руб.
2019	7—12	280 руб.	370 руб.	480 руб.

На бланке напишите, за какие журналы Вы переводите деньги и укажите свой точный адрес (с почтовым индексом). После того как деньги поступят на расчётный счёт, мы отправим Вам журналы. При переводе денег почтовым переводом может понадобиться почтовый индекс банка 101000. Наложенным платежом редакция журналы и наборы не высылает!

Подписные индексы журнала по каталогам: Каталог Агентства РОСПЕЧАТЬ 70772; Официальный каталог Почты России П4014; Объединённый каталог "Пресса России" 61972; КАТАЛОГ РОССИЙСКОЙ ПРЕССЫ 89032.

НАБОРЫ ЖУРНАЛА "РАДИО"

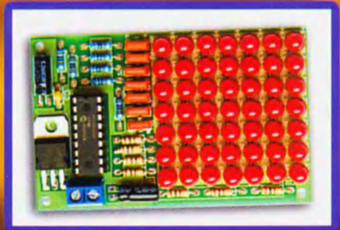


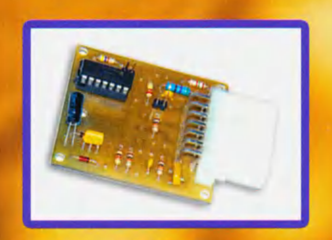

"Двухтактный оконечный усилитель на 6Н23П и 6П43П"

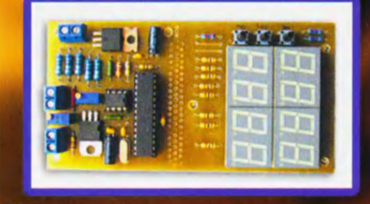
"USB программатор микроконтроллеров AVR и AT89S, совместимый с AVR910"



"Программируемый термостат"


"Автомат световых эффектов на микроконтроллере"


"Блок зажигания — регулятор угла ОЗ на микроконтроллере PIC16F676"


"Цифровое устройство защиты с функцией измерения"

https://kits.radio.ru